

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-324743  
 (43)Date of publication of application : 08.11.2002

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
 G03F 1/08  
 G03F 7/20

(21)Application number : 2001-126777

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 24.04.2001

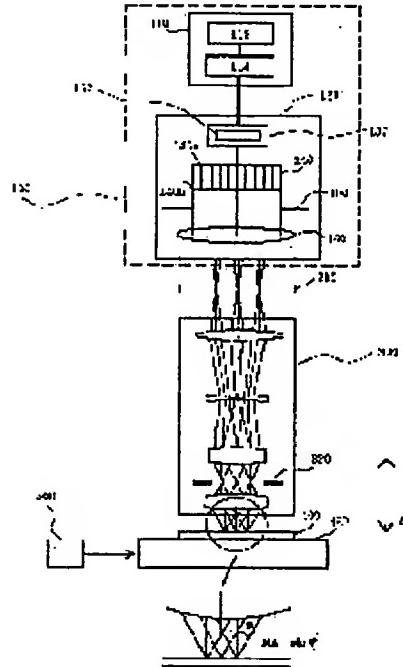
(72)Inventor : SAITO KENJI  
 KAWASHIMA MIYOKO

## (54) EXPOSING METHOD AND EQUIPMENT THEREOF

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an exposing method and equipment which can expose a mask pattern having fine (e.g. at most 0.15 μm) line width, with high resolution without changing a mask, in which mask pattern various kinds of patterns, L and S patterns, isolated and complicated patterns exist mixedly.

**SOLUTION:** A phase shift mask has a desired pattern and a dummy pattern which is overlapped with the desired pattern and has periodicity. Out of the desired pattern, a part which is to be resolved by the effect of the dummy pattern is made wider than the line width of the dummy pattern, thus forming the phase shift mask. By using an illumination light which has a peak of intensity distribution in the vicinity of an optical axis, the phase shift mask is illuminated. A light which passed the phase shift mask is projected on a surface to be exposed via a projection optical system. As a result, the desired pattern is transferred on the surface to be exposed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS****[Claim(s)]**

[Claim 1] The phase shift mask which has a desired pattern and the pattern of a dummy with the periodicity put on the pattern concerned It forms by making thicker than the line breadth of the pattern of said dummy the part which should be made to resolve by the effectiveness of the pattern of said dummy among the patterns of said request. The exposure approach characterized by imprinting the pattern of said request to said exposed field by illuminating said phase shift mask using the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and projecting the light which passed through said phase shift mask on an exposed field through projection optics.

[Claim 2] The exposure approach characterized by performing multiplex lighting in the exposure approach which exposes the pattern on a mask on an exposed field with a projection lens according to the effective light source which is equivalent to small mho lighting and large mho lighting as illumination light using the phase shift mask which piled up the detailed period pattern a pattern space and near desired.

[Claim 3] The 1st pattern section where the pattern of said request aligns spacing predetermined in 1st at least two line, The step which has the 2nd pattern section which has the 2nd line with bigger line breadth than the 1st line, and forms said phase shift mask The exposure approach according to claim 1 characterized by piling up said 1st line of said 1st pattern section with the dark line section of the pattern of said dummy, and putting said 2nd line of said 2nd pattern section on the pattern of said dummy.

[Claim 4] The 1st pattern section where the pattern of said request aligns spacing predetermined in 1st at least two line, It has the 2nd pattern section which has the 2nd line with bigger line breadth than the 1st line. Said some of patterns of said request are the exposure approaches according to claim 1 which are said 1st line of said 1st pattern section, and are characterized by making line breadth of the 1st line concerned larger than the line breadth of the dark line section of the pattern of said dummy.

[Claim 5] The step which forms said phase shift mask is the exposure approach according to claim 1 characterized by preparing the protection-from-light section in the pattern of said request, and not preparing the protection-from-light section in the pattern of said dummy.

[Claim 6] The step which forms said phase shift mask is the exposure approach according to claim 1 characterized by constituting the pattern of said request as the protection-from-light section and the light transmission section of a halftone phase shift form.

[Claim 7] The illumination light which has the peak of intensity distribution near [ said ] the optical axis is the exposure approach according to claim 1 characterized by having a circular effective light source configuration.

[Claim 8] Said small mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by having a circular effective light source configuration.

[Claim 9] The illumination light which has the peak of intensity distribution near [ said ] the optical axis is the exposure approach according to claim 1 characterized by sigma being 0.3 or less.

[Claim 10] Said small mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by sigma being 0.3 or less.

[Claim 11] Said large mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by having the effective light source configuration of a quadrupole.

[Claim 12] Said large mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by sigma being 0.6 or more.

[Claim 13] Said large mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by sigma

having a bigger effective light source configuration than 1.

[Claim 14] Each illumination light of said quadrupole is the exposure approach according to claim 11 characterized by having equal sigma.

[Claim 15] Said large mho lighting is the exposure approach according to claim 2 characterized by having the effective light source configuration of the zona orbicularis.

[Claim 16] The aligner characterized by having the exposure mode which can perform the exposure approach given in any 1 term claim 1 thru/or among 15.

[Claim 17] It is the aligner characterized by for this mask to consist of a phase shift mask which piled up the detailed period pattern a pattern space and near desired in the aligner which consists of an illumination system which illuminates the pattern on a mask and this mask, and projection optics projected on an exposed field, and for an illumination system to have the multiplex effective light source equivalent to small mho lighting and large mho lighting, and to have the multiplex illumination system with which these smallness sigma lighting and large mho lighting were combined.

[Claim 18] The aligner according to claim 17 characterized by including the diaphragm which has opening of a fivefold pole so that said multiplex effective light source configuration may become a fivefold pole.

[Claim 19] Said large mho lighting is an aligner according to claim 17 characterized by sigma having a bigger effective light source configuration than 1.

[Claim 20] It is the aligner according to claim 17 characterized by for said large mho lighting having the effective light source configuration of a quadrupole, and sigma of each illumination light of said quadrupole being equal.

[Claim 21] It is the aligner according to claim 17 characterized by for said large mho lighting forming the effective light source configuration of the zona orbicularis, and said small mho lighting forming the circular effective light source configuration prepared inside said zona orbicularis.

[Claim 22] Said lighting system is an aligner according to claim 17 characterized by having equipment which has the function to adjust the location of the peak of the function to adjust each light exposure of said small mho lighting and said large mho lighting, and/or said large mho lighting.

[Claim 23] The device manufacture approach of having the step which carries out projection exposure of the processed object using an aligner given in any 1 term while it is according to claim 16 to 22, and the step which carries out a predetermined process to said said processed object by which projection exposure was carried out.

[Claim 24] The device manufactured from said processed object by which projection exposure was carried out using the aligner given in any 1 term while it was according to claim 16 to 22.

[Claim 25] The phase shift mask characterized by making thicker than the line breadth of the pattern of said dummy the part which has a desired pattern and the pattern of a dummy with the periodicity put on the pattern concerned, and should be resolved by the effectiveness of the pattern of said dummy among the patterns of said request.

[Claim 26] The 1st pattern section where the pattern of said request aligns spacing predetermined in 1st at least two line, It has the 2nd pattern section which has the 2nd line with bigger line breadth than the 1st line. It is the mask according to claim 25 characterized by for said some of patterns of said request being said 1st line of said 1st pattern section, and the line breadth of the 1st line concerned being larger than the line breadth of the dark line section of the pattern of said dummy.

[Claim 27] The mask according to claim 25 characterized by preparing the protection-from-light section in the pattern of said request, and not preparing the protection-from-light section in the pattern of said dummy.

[Claim 28] The pattern of said request of said phase shift mask is a mask according to claim 25 characterized by consisting of the protection-from-light section and the light transmission section of a halftone phase shift form.

[Claim 29] The manufacture approach of said mask of manufacturing said mask as a phase shift mask by making some of superposition and patterns of said request thicker than the pattern of said dummy for the pattern of the dummy which forms a desired pattern in a mask and has periodicity in the pattern concerned.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the aligner generally used for manufacture of the wide area pattern used about exposure by various devices called image sensors, such as sensing elements, such as display devices, such as semiconductor chips, such as IC and LSI, and a liquid crystal panel, and the magnetic head, and CCD, and micro mechanics and an approach, the device manufacture approach, and the device manufactured from said processed object. Here, micro mechanics applies a semiconductor integrated circuit manufacturing technology to manufacture of a fine structure object, and says the technique which makes a mechanical system with the advanced function of a micron unit.

[0002]

[Description of the Prior Art] A photolithography process is a process which imprints a mask pattern using an aligner to the photosensitive matter (resist) applied to the silicon wafer, the glass plate, etc. (only henceforth a "wafer"), and includes the process of resist spreading, exposure, development, etching, and resist removal. Among these, in exposure, resolution, superposition precision, and three parameters of a throughput are important. The precision at the time of the lower limit and superposition precision which can imprint resolution correctly laying some patterns on top of a wafer, and a throughput are number of sheets processed per unit time amount.

[0003] In case a device is manufactured using a photolithography technique, the projection aligner which projects on a wafer the pattern drawn by the mask or the reticle (these vocabulary is used exchangeable with this application) according to projection optics, and imprints a pattern is used from the former. projection optics -- the diffracted light from a pattern -- a wafer top -- interference -- and image formation is carried out and zero-order [ from a pattern ] and the primary [ \*\* ] diffracted light (namely, Sanko bundle) are made to interfere in the usual exposure

[0004] Although a mask pattern contains periodic Rhine and the periodic tooth-space (L&S) pattern which approached, contiguity and a periodic contact hole pattern, and the isolated pattern isolated without approaching, in order to imprint a pattern with high resolution, it needs to choose the optimal exposure conditions (lighting conditions, light exposure, etc.) according to the class of pattern.

[0005] The resolution R of a projection aligner is given by the following Rayleigh's formula using the wavelength lambda of the light source, and the numerical aperture (NA) of projection optics.

[0006]

[Equation 1]

$$R = k_1 (\lambda / NA)$$

[0007] k1 is a constant which becomes settled according to a development process etc. here, and, in exposure, k1 is about 0.5-0.7 usually.

[0008] Corresponding to high integration of a device in recent years, detailed-ization of the pattern imprinted, i.e., high-resolution-izing, is demanded increasingly. Although it is effective to enlarge numerical aperture NA from an upper type and to make wavelength lambda small in order to acquire high resolution, these improvements have reached the limitation at the present stage, and it is difficult to usually form a pattern 0.15 micrometers or less at a wafer in exposure. Then, interference and the phase shift mask technique which carries

out image formation are proposed from the former in the 2 flux of lights in the diffracted light which passed through the pattern. By reversing 180 degrees of phases of the light transmission part which a mask adjoins, phase murder and the two primary [ \*\*] diffracted lights are made to interfere in the zero-order diffracted light, and a phase shift mask carries out image formation. According to this technique, since  $k_1$  of an upper type can be made substantial by making it 0.25, resolution R can be improved and a pattern 0.15 micrometers or less can be formed in a wafer.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although the conventional phase shift mask technique was effective for a simple pattern like a periodic L&S pattern, it was difficult the technique to expose an isolated pattern and the complicated pattern of arbitration with the sufficient exposure engine performance (namely, resolution, superposition precision, and a throughput). especially -- semiconductor industry in recent years -- more -- high -- production needs to be shifting to the added value system chip with which a variety of patterns are intermingled, and two or more kinds of patterns need to be made intermingled also on a mask

[0010] On the other hand, although it is possible to use the double exposure (or multiplex exposure) which exposes the pattern of a different class using two masks separately as it will be in the No. 143085 official report the open Heisei 11 patent Since the conventional double exposure needs two masks, and a cost rise is caused, a throughput falls for two exposure and it needs a high superposition precision of two exposure, there are many problems which should be solved practically.

[0011] Then, it has detailed line breadth (for example, 0.15 micrometers or less), and sets it as the instantiation-purpose of this invention to offer the exposure approach and equipment with sufficient resolution which can be exposed, without exchanging masks for the mask pattern with which even various patterns or from a L&S pattern to isolation and a complicated pattern are intermingled.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the exposure approach as one side face of this invention The phase shift mask which has a desired pattern and the pattern of a dummy with the periodicity put on the pattern concerned It forms by making thicker than the line breadth of said dummy pattern the part which should be made to resolve by the effectiveness of said dummy pattern among the patterns of said request. It is characterized by imprinting the pattern of said request to said exposed field by illuminating said phase shift mask by the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and projecting the light which passed through said phase shift mask on an exposed field through projection optics.

[0013] Moreover, the exposure approach as another side face of this invention is characterized by performing multiplex lighting as illumination light using the phase shift mask which piled up the detailed period pattern a pattern space and near desired according to the effective light source equivalent to small mho lighting and large mho lighting in the exposure approach which exposes the pattern on a mask on an exposed field with a projection lens.

[0014] The illumination light (or small mho lighting) which has the peak of intensity distribution near the optical axis has for example, a circular effective light source configuration, and sigma is 0.3 or less and it brings about interference of the zero-order diffracted light and the primary [ \*\*] diffracted light. The former exposure approach demonstrates the effectiveness in this way only by the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis.

[0015] Large mho lighting brings about interference of the 2 flux of lights which sigma is 0.6 or more in the zona orbicularis or a quadrupole, and for example, an effective light source configuration becomes from the zero-order diffracted light and the primary [ + ] -primary diffracted light. The diaphragm which has said (arranged in the pupil surface of projection optics and a location [ \*\*\*\* ]) effective light source configuration as opening can attain these lighting.

[0016] The above-mentioned exposure approach establishes the difference of a dummy pattern and light exposure by fattening some patterns of (1) request. (2) The pattern which has said periodicity by the illumination light of the part of the peak near the optical axis is exposed. (3) The pattern of said request is exposed by the illumination light of the part of the outside of the part of said peak, and a desired pattern is formed in an exposed field by choosing the threshold (resist) of the field exposed [ (4) ] suitably.

[0017] The 1st pattern section where the pattern of said request aligns spacing predetermined in 1st at least two line, It has the 2nd pattern section which has the 2nd line with bigger line breadth than the 1st line, said 1st line

of said 1st pattern section may be piled up with the dark line section of the pattern of said dummy, and said 2nd line of said 2nd pattern section may be put on the pattern of said dummy. Definition ability can be raised by making the 1st detailed line and its near into periodic structure. Said some of patterns of said request are said 1st line of said 1st pattern section, and it may make line breadth of the 1st line concerned larger than the line breadth of the dark line section of the pattern of said dummy. A difference can be given and emphasized to light exposure with a dummy pattern by fattening a little detailed part of a desired pattern.

[0018] It is not necessary to prepare the protection-from-light section in the pattern of said request, and to prepare the protection-from-light section in the pattern of said dummy. Since it can distinguish between a desired pattern and a desired dummy at the light exposure of a pattern, the high pattern of contrast can be formed. The pattern of said request may be constituted as the protection-from-light section and the light transmission section of a halftone phase shift form. Also by this configuration, to light exposure with a dummy pattern, a difference can be given and a desired pattern can be emphasized.

[0019] The aligner as one side face of this invention is characterized by having the exposure mode which performs the above-mentioned exposure approach. Moreover, the aligner as another side face of this invention In the aligner which consists of an illumination system which illuminates the pattern on a mask and this mask, and projection optics projected on an exposed field It is characterized by for this mask consisting of a phase shift mask which piled up the detailed period pattern a pattern space and near desired, and for an illumination system having the multiplex effective light source equivalent to small mho lighting and large mho lighting, and having the multiplex illumination system with which these smallness sigma lighting and large mho lighting were combined. These aligners can also do so an operation of the above-mentioned exposure approach.

[0020] The device manufacture approach as still more nearly another side face of this invention has the step which carries out projection exposure of said processed object using an above-mentioned aligner, and the step which carries out a predetermined process to said said processed object by which projection exposure was carried out. The effect attains to the device itself whose claims of the device manufacture approach which does so an operation of an above-mentioned aligner and the same operation are middle and a final result object. Moreover, this device contains semiconductor chips, such as LSI and VLSI, CCD and LCD, a magnetometric sensor, the thin film magnetic head, etc.

[0021] The mask manufacture approach as another side face of this invention forms a desired pattern in a mask, and is characterized by manufacturing said mask as a phase shift mask by making some of superposition and patterns of said request thicker than the pattern of said dummy for the pattern of the dummy which has periodicity in the pattern concerned. The mask manufactured by this approach does an above-mentioned operation so.

[0022] The further purpose of this invention or the other descriptions will be clarified by the desirable example explained with reference to an accompanying drawing below.

[0023]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the instantiation-aligner of this invention is explained with reference to an accompanying drawing. Here, drawing 1 is the outline block diagram of the aligner 1 of this invention. As shown in drawing 1, an aligner 1 has a lighting system 100, a mask 200, projection optics 300, a plate 400, a stage 450, and image formation centering-control equipment 500.

[0024] Although the aligner 1 of this operation gestalt is a projection aligner which exposes the circuit pattern formed in the mask 200 by the step and the scanning method on a plate 400, this invention can apply the exposure method of a step-and-repeat method and others. Here, a step and a scanning method are the exposing method which carries out step migration of the wafer after [ of one shot ] exposure termination, and moves to the exposure field of the following shot while they scan a wafer continuously to a mask and expose a mask pattern to a wafer. Moreover, a step-and-repeat method is the exposing method which carries out step migration of the wafer for every one-shot exposure of the shot of a wafer, and moves the following shot to an exposure field.

[0025] A lighting system 100 illuminates the mask 200 with which the circuit pattern for an imprint was formed, and has the light source section 110 and the illumination-light study system 120.

[0026] The light source section 110 contains the laser 112 and the beam plastic surgery system 114 as the light source.

[0027] The light from pulse lasers, such as an ArF excimer laser with a wavelength of about 193nm, a KrF

excimer laser with a wavelength of about 248nm, and F2 excimer laser with a wavelength of about 157nm, can be used for laser 112. The class of laser is not limited to an excimer laser, for example, an YAG laser may be used and the number of the laser is not limited, either. For example, if two solid state laser which operates independently is used, there will be no coherence between solid state laser, and the speckle resulting from coherence is reduced considerably. In order to reduce a speckle furthermore, optical system may be made to rock linearly or in rotation. Moreover, the light source usable in the light source section 110 is not limited by laser 112, and is usable. [ of lamps such as 1 or two or more mercury lamps, and a xenon lamp, ]

[0028] The beam plastic surgery system 114 can use a beam expander equipped with two or more cylindrical lenses etc., and fabricates the shape of beam to a desired thing by the thing (for example, a cross-section configuration is made into a square from a rectangle) for which the rate of an aspect ratio of the dimension of the cross-section configuration of the parallel light from laser 112 is changed into a desired value. The beam shaping system 114 forms the flux of light with magnitude and an angle of divergence required to illuminate the optical integrator 140 mentioned later.

[0029] Moreover, although not shown in drawing 1, as for the light source section 110, it is desirable to use the incoherent-ized optical system which makes the coherent laser flux of light incoherent. As [ indicate / incoherent-ized optical system / the open Heisei 3 patent / by drawing 1 of for example, the No. 215930 official report ] They are at least two flux of lights (for example) at an optical parting plane about incoming beams. So that one flux of light may be re-guided to a parting plane after giving the optical-path-length difference more than the coherence length of laser light to the flux of light of another side through an optical member, and it may be piled up with the flux of light of another side and it may be injected, after branching to p-polarized light and s-polarized light. The optical system which was carried out and which is equipped with at least one system by return can be used.

[0030] The illumination-light study system 120 is optical system which illuminates a mask 200, and contains the condensing optical system 130, the optical integrator 140, an aperture diaphragm 150, and a condenser lens 160 with this operation gestalt. The illumination-light study system 120 can be used regardless of axial Uemitsu and axial outdoor daylight. In addition, the illumination-light study system 120 of this operation gestalt may have the masking blade and the scanning blade for changing the dimension of the imprint field on a plate 400. The illumination-light study system 120 of this operation gestalt has two or more lenses and required mirrors, and constitutes the afocal system which is a injection side and serves as a tele cent rucksack.

[0031] The condensing optical system 130 introduces into the optical integrator 140 first the flux of light which passed it efficiently including a required bending mirror, a required lens, etc. For example, the condensing optical system 130 As the outgoing radiation side of the beam shaping system 114, and an eye lens of the fly mentioned later The condenser lens arranged so that the plane of incidence of the constituted optical integrator 140 may become the relation (this relation may be called the relation of the Fourier transform with this application) between a body side and a pupil surface (or a pupil surface and the image surface) optically is included. The chief ray of the flux of light which passed it is maintained in parallel to the core of the optical integrator 140, and every surrounding lens element 142.

[0032] The condensing optical system 130 contains further the light exposure controller 132 which can be changed for every lighting for the light exposure of the illumination light to a mask 200. The light exposure controller 132 can change the beam cross-section configuration of incoming beams by changing each scale factor of an afocal system. The light exposure controller 132 consists of a zoom lens etc., moves a lens in the direction of an optical axis, and may enable it to change angular magnification in alternative. If there is need, the light exposure controller 132 can divide incoming beams with a half mirror, can detect the quantity of light by the sensor, and can adjust the output of laser 112, and/or a part of optical system based on this detection result. The light exposure controller 132 can also adjust the quantity of light ratio of the center section and periphery of an aperture diaphragm 150 which are mentioned later by replacing an optical element (for example, quantity of light adjustment (ND) filter), and/or changing an image formation scale factor with a zoom lens. The light exposure controller 132 can adjust light exposure based on the contrast searched for in the pattern and/or said plate 400 of said request so that it may mention later. For example, what is necessary is for what is necessary to be just to enlarge relatively the ratio of the light exposure of the illumination light which has a peak in an optical axis, if a pattern configuration is thought as important, and just to enlarge relatively the ratio of the light exposure of the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, if

contrast is thought as important. The light exposure controller 132 of this operation gestalt also has the function to adjust said peak location of the illumination light (large mho lighting) which has intensity distribution out of a shaft.

[0033] For example, the exposure controller 132 makes it possible to use round shape aperture-diaphragm 150F as the aperture diaphragm 150 mentioned later shows to drawing 3 (F), when a center section as shown in drawing 2 creates the illumination light with optical reinforcement higher than a periphery. Here, center sections of drawing 2 are the optical intensity distribution of the illumination light with optical reinforcement higher than a periphery. Drawing 3 (F) is the outline top view of round shape aperture-diaphragm 150F. In addition, with this application, "the illumination light using the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis" shall contain the illumination light as shown in drawing 2. Aperture-diaphragm 150F consist of protection-from-light section 152F of the shape of zona orbicularis of the circular light transmission section 155 of permeability 1, and permeability 0.

[0034] The optical integrator 140 equalizes the illumination light illuminated by the mask 200, and consists of these operation gestalten as an eye lens of the fly which changes and carries out outgoing radiation of the angular distribution of incident light to location distribution. As for the eye lens of a fly, the plane-of-incidence 140a and outgoing radiation side 140b are maintained by the relation of the Fourier transform. However, the optical integrator 140 with usable this invention is not limited to the eye lens of a fly so that it may mention later.

[0035] The eye lens 140 of a fly puts in order two or more lenses (lens element) 142 in another field where a mutual focal location differs from it. Moreover, it is higher for the use effectiveness of the illumination light for the cross-section configurations of each lens element which constitutes the eye lens of a fly to be the lighting field of a lighting system and abbreviation similarity, when the lens side of each lens element is the spherical surface. This is because the optical plane of incidence and the lighting field of an eye lens of a fly are the relation (conjugation relation) between a body and an image.

[0036] Although the eye lens of a fly consists of these operation gestalten combining many lens elements of a square cross section according to the configuration of a mask 200, this invention does not eliminate the lens element which has the cross-section configuration of cross-section circular, a rectangle, a hexagon, and others. Each flux of light from two or more point light sources (effective light source) formed in outgoing radiation side 140b of the eye lens of a fly or its near is superimposed on the mask 200 by the condenser lens 160. Thereby, the mask 200 whole is illuminated by homogeneity according to much point light sources (effective light source).

[0037] The optical integrator 140 applicable by this invention may be permuted by optical integrator 140A which it is not limited to the eye lens of a fly, for example, is shown in drawing 16. Here, drawing 16 is the expansion perspective view of optical integrator 140A. Optical integrator 140A is constituted by piling up 2 sets of cylindrical-lens array (or lenticular lens) plates 144 and 146. The cylindrical-lens array plates 144a and 144b of the group of the 1st sheet and the 4th sheet have a focal distance f1, respectively, and the cylindrical-lens array plates 146a and 146b of the group of the 2nd sheet and the 3rd sheet have a different focal distance f2 from f1. The cylindrical-lens array plate of the same group is arranged in a partner's focal location. 2 sets of cylindrical-lens array plates 144 and 146 are arranged at a right angle, and make the flux of light from which the f number (namely, the focal distance/effective aperture of a lens) differs in the rectangular direction. In addition, it cannot be overemphasized that the number of groups of optical integrator 140A is not limited to 2.

[0038] The eye lens 140 of a fly may be permuted by the optical rod. An optical rod makes uneven illumination distribution homogeneity in respect of outgoing radiation by plane of incidence, and has the rectangle cross section where a cross-section configuration perpendicular to a rod shaft has the almost same aspect ratio as a lighting field. In addition, since the illuminance in an outgoing radiation side will not become homogeneity if an optical rod has power in a cross-section configuration perpendicular to a rod shaft, a cross-section configuration perpendicular to the rod shaft is a polygon formed only in a straight line. In addition, the eye lens 130 of a fly may be permuted by the diffraction component with a diffusion.

[0039] Immediately after outgoing radiation side 140b of the optical integrator 140, the aperture diaphragm 150 to which the configuration and the path were fixed is formed. The aperture diaphragm 150 of this operation gestalt has an opening configuration for illuminating a mask 200 using the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity

distribution out of a shaft (namely, it projecting [ whether sequential projection of these is carried out, and ] in the condition of having compounded). Thus, this invention is included, also when preparing the aperture diaphragm which brings about the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the aperture diaphragm which brings about the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, projecting one side of them on a mask 200 previously and projecting another side on a mask 200 after that. One of the descriptions of this invention is solving many problems in accordance with exchange of a mask 200, and unless it is exchanged in a mask 200, it is because exchange of an aperture diaphragm 150 is not a problem. The aperture diaphragm 150 is formed in the pupil surface 320 of projection optics 300, and the location [ \*\*\*\* ], and the opening configuration of 150 of an aperture diaphragm is equivalent to the effective light source configuration of the pupil surface 320 of projection optics 300.

[0040] sigma is 0.3 or less and the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis brings about interference of the zero-order diffracted light and the primary [ \*\* ] diffracted light. Moreover, sigma is 0.6 or more and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft brings about interference of the 2 flux of lights which consist of the zero-order diffracted light and the primary [ + ] - primary diffracted light. Here, sigma is NA by the side of the mask 200 of the illumination-light study system 120 to the numerical aperture by the side of the mask 200 of projection optics 300 (NA). The lighting which has the peak of intensity distribution near the optical axis may be called small mho lighting, the usual lighting, etc. The lighting which has the peak of intensity distribution out of a shaft may be called large mho lighting, oblique incidence lighting, deformation lighting, etc.

[0041] With reference to drawing 3 thru/or drawing 6, an instantiation-configuration applicable to an aperture diaphragm 150 is explained. Here, drawing 3 thru/or drawing 6 are the outline top views of the instantiation-configuration of an aperture diaphragm 150. Drawing 3 (A) is the outline top view of aperture-diaphragm 150A which has the circular opening 151 with a comparatively small radius for bringing about the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis. Aperture-diaphragm 150A has the light transmission section of permeability 1 and protection-from-light section 152A which consist of circles 151.

[0042] Drawing 3 (B) is the outline top view of aperture-diaphragm 150B which has the light transmission section of the permeability 1 which consists of a circle 153 of a quadrupole for bringing about the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, and protection-from-light section 152B. A center position brings about the illumination light not more than sigma=1, and the circular opening 153 is arranged at \*\*45 degrees and \*\*135 degrees, respectively. Preferably, sigma of the illumination light which each circle 153 brings about is equal.

[0043] Drawing 3 (C) is the outline top view of aperture-diaphragm 150C which has the light transmission section of the permeability 1 which consists of zona-orbicularis opening 154 for bringing about the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, and protection-from-light section 152C.

[0044] Drawing 3 (D) is the outline top view of aperture-diaphragm 150D which has the circular opening 151 shown in drawing 3 (A), and the circular opening 153 shown in drawing 3 (B) and which was constituted as a diaphragm for 5-fold pole lighting. Aperture-diaphragm 150D follows and brings about the illumination light by which the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft were compounded. The circles 151 and 153 of aperture-diaphragm 150D have the same magnitude. Aperture-diaphragm 150D has the light transmission section of the permeability 1 which consists of circles 151 and 153, and protection-from-light section 152D of permeability 0.

[0045] Drawing 3 (E) is the outline top view of aperture-diaphragm 150E which has the zona-orbicularis opening 153 shown in the circular opening 151 shown in drawing 3 (A), and drawing 3 (C). Therefore, aperture-diaphragm 150E also brings about the illumination light by which the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft were compounded. Aperture-diaphragm 150E has the light transmission section of the permeability 1 which consists of circles 151 and 154, and protection-from-light section 152D of permeability 0.

[0046] Moreover, various modification, such as a part of polygon of a square and others and sector, is possible for the configuration of openings 151 and 153. Moreover, sigma may exceed 1. This modification is explained with reference to drawing 4 and drawing 5. Here, drawing 4 (A) and (B) are the outline top views of the aperture diaphragms 150G and 150H which are the modifications of aperture-diaphragm 150D shown in

drawing 3 (D). Drawing 4 (C) is the outline top view of aperture-diaphragm 150I which is the modification of aperture-diaphragm 150E shown in drawing 3 (E).

[0047] Aperture-diaphragm 150G have the light transmission section of the permeability 1 which consists of a little bigger circular opening 151A than the circular opening 151 and rectangle opening 153A to which sigma exceeded 1 partially, and protection-from-light section 152G of permeability 0. this invention person discovered that the pattern image formed in a plate 400 became clear, when sigma used the illumination light partially exceeding 1. In aperture-diaphragm 150H, aperture-diaphragm 150C has the light transmission section of the permeability 1 which sigma becomes from one or less circular opening 151 and sector opening 153B, and protection-from-light section 152H of permeability 0. The dimension of sector opening 153B can be adjusted to arbitration. Aperture-diaphragm 150I has the light transmission section of the permeability 1 which consists of circular opening 151 and zona-orbicularis (or rectangle band) 154A partially exceeding sigma=1, and protection-from-light section 152I of permeability 0. Since the function of aperture-diaphragm 150G thru/or I is the same as that of above-mentioned aperture-diaphragm 150D etc., detailed explanation is omitted here.

[0048] The outline top view of aperture-diaphragm 150J constituted as a diaphragm for the Kokonoe pole lighting as another modification applicable to drawing 5 at an aperture diaphragm 150 is shown. circular opening 151B with aperture-diaphragm 150J [ a little bigger ] than the circular opening 151, and sigma of an opening location -- one or less circular opening 153 -- it has the light transmission section of the permeability 1 which consists of circular opening 153D in which sigma has the same magnitude as circular opening 151B partially exceeding C and1, and protection-from-light section 152J of permeability 0. Circular opening 153C is prepared in the location of 0 times, 90 degrees, 180 degrees, and 270 degrees, and round shape opening 153D is prepared in the location of \*\*45 degree and \*\*135 degrees. Since the function of aperture-diaphragm 150J is also the same as that of above-mentioned aperture-diaphragm 150D etc., detailed explanation is omitted here.

[0049] What is necessary is to arrange aperture-diaphragm 150A thru/or 150J to the disc-like turret which is not illustrated, for example, and just to rotate a turret in the case of a change, in order to choose the desired aperture diaphragm 150 out of two or more kinds of aperture diaphragms 150. Thereby, first, out of the illumination light which has a peak in an optical axis, and a shaft, a lighting system 120 can illuminate a mask 200 by one side of the illumination light which has the peak of intensity distribution, and can illuminate a mask 200 by another side after that. Moreover, in the illumination light by which the illumination light which has a peak in an optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft were compounded, the above-mentioned light exposure controller 132 can change each light exposure ratio.

[0050] A condenser lens 160 carries out Koehler illumination of the mask 200 so that as many light which came out of the eye lens 140 of a fly as possible may be collected and a chief ray may become parallel, i.e., a tele cent rucksack. A mask 200 and outgoing radiation side 140b of the eye lens 140 of a fly are arranged at the relation of the Fourier transform.

[0051] If an aligner 1 has the need, it has a width-of-face adjustable slit for illuminance nonuniformity control, a masking blade for the exposure field limit under scan (a diaphragm or slit), etc. case where a masking blade is prepared a masking blade and outgoing radiation side 140b of the eye lens 140 of a fly are arranged in the relation of the Fourier transform -- having -- the 200th page of a mask, and an engineering target -- abbreviation -- it is prepared in a location [ \*\*\*\* ]. The flux of light which penetrated opening of a masking blade is used as illumination light of a mask 200. A masking blade is the diaphragm which can carry out automatic adjustable [ of the aperture width ], and enables modification of the imprint field (aperture slit) of the plate 400 mentioned later in a lengthwise direction. Moreover, an aligner may have further the above-mentioned masking blade and the scanning blade of similar structure whose modification of the longitudinal direction of the imprint field (as the scanning exposure field of one shot) of a plate 400 is enabled. Aperture width is the diaphragm which can carry out automatic adjustable, and a scanning blade is also prepared in the 200th page of a mask, and a location [ \*\*\*\* / optical almost ]. Thereby, an aligner 1 can set up the dimension of an imprint field according to the dimension of the shot exposed by using these two adjustable blades.

[0052] A mask 200 is for example, a product made from a quartz, and the circuit pattern (or image) which should be imprinted is formed on it, and it is supported and driven to the mask stage which is not illustrated. The diffracted light emitted from the mask 200 is projected on a plate 400 through projection optics 300. A plate 400 is a processed object and the resist is applied. A mask 200 and a plate 400 are arranged optically at conjugate relation. Since the aligner 1 of this operation gestalt is an aligner (namely, scanner) of a step and a

scanning method, it imprints the pattern of a mask 200 on a plate 400 by scanning a mask 200 and a plate 400. In addition, if it is the aligner (namely, "stepper") of a step-and-repeat method, it will expose in the condition of having made the mask 200 and the plate 400 standing it still.

[0053] The mask stage is connected to the migration device which is not illustrated in support of a mask 200. A mask stage and projection optics 300 are established on the stage lens-barrel surface plate supported through a damper etc. by the base frame laid in the floor etc. A mask stage can apply any configurations of this business world common knowledge. The migration device which is not illustrated consists of linear motors etc., and a mask 200 can be moved in the XY direction by driving a mask stage. An aligner 1 is scanned in the condition of having synchronized according to the controlling mechanism which does not illustrate a mask 200 and a plate 400.

[0054] The mask 200 as one side face of this invention has a desired pattern and the pattern of a dummy with the periodicity put on the pattern concerned, and the part which should be made to resolve by the effectiveness of a dummy pattern among desired patterns is formed as a phase shift mask made thicker than the line breadth of the pattern of said dummy. The mask concerned forms a desired pattern and is manufactured as a phase shift mask by making some of superposition and patterns of said request thicker than the pattern of said dummy for the pattern of the dummy which has periodicity in the pattern concerned. Some desired patterns are made thick for preparing a difference in light exposure with a dummy pattern so that it may mention later.

[0055] In order to explain the pattern configuration of the mask 200 of this invention, a desired pattern is explained first. Here, let a desired pattern be the gate pattern 20 as shown in drawing 6. Here, drawing 6 is the outline top view of the desired pattern 20.

[0056] The gate pattern 20 consists of the pattern sections 21a and 21b (unless it refuses especially, a reference number 21 summarizes both.) of a pair, and each pattern section 21 consists of the detailed gate section 22 passing through B cross section, and the two contact sections 24 passing through A cross section. The gate pattern 20 is constituted by chromium etc.

[0057] As shown in drawing 6, both the gates section 22 is a rectangle which has the respectively detailed line breadth L, and has aligned in parallel at intervals of [ detailed ] L. If it puts in another way, the gate section 22 constitutes the L&S pattern partially. With this operation gestalt, L is 0.12 micrometers.

[0058] The contact section 24 is a rectangle which has line breadth 3L respectively in instantiation, and two pairs of contact sections 24 have aligned in parallel through the detailed spacing L. Moreover, the two contact sections 24 are formed in the both ends of the gate section 22 at each pattern section 21. This invention aims at resolving to coincidence the contact section 24 with which the detailed spacing L was separated from the gate section 22 with equal (to L) line breadth detailed in this way and spacing detailed in this way, and large line breadth (namely, 3L) was located in a line compared with minimum line width (gate section 22) L. It depends for the suitable line breadth L for this invention on the wavelength lambda of k1 and the light source shown in a formula 1, and NA of projection optics. For example, when a KrF excimer laser with a wavelength of 248nm and the projection optics of NA=0.6 are used, a formula 1 to the theoretical resolving R is set to 103nm as k1=0.25, if it is NA=0.85, it will be set to R= 73nm and this will be set to L. To the neighborhood, if it is NA=0.85, using an ArF excimer laser with a wavelength of 193nm again, it will be set to R= 57nm, and this is set to L. In addition, k1 can change from 0.25 to about 0.5 (or more than it).

[0059] In order to resolve the two gate sections 22 first, the pattern which forms two or more patterns of the periodic dummy of a detailed line with the same pitch and detailed spacing in the both sides of the two gate sections 22, and has periodic structure is formed. By adding a dummy pattern and forming periodic structure, control with the sufficient improvement in definition ability and the precision of line breadth is attained. This periodic pattern acquires ultimate resolution with a phase shift mask.

[0060] An example of the phase shift mask 50 which has the mask pattern 40 formed by putting the dummy pattern 30 on the desired pattern 20 is shown in drawing 7. As shown in this drawing, the desired pattern 20 consists of the pattern sections 21 of a pair, as mentioned above. The dummy pattern 30 has the parallel light transmission sections 32 and 34 and the protection-from-light section 36 mutually, and the light transmission section and the protection-from-light section 36 align by turns. The width of face of each direction of Y of the light transmission sections 32 and 34 and the protection-from-light section 36 is equal to L (this operation gestalt 0.12 micrometers) shown in drawing 6. The phase was set as 0 times and 180 degrees, the light transmission sections 32 and 34 are reversed 180 degrees mutually, and the light transmission sections 32 and

34 have aligned in the direction of Y by turns. The light transmission sections 32 and 34 have permeability 1 (or 100%), and the protection-from-light section 36 has permeability 0. The protection-from-light section 36 is constituted by chromium etc.

[0061] The gate section 22 of each pattern section 21 is put on the protection-from-light section 36 of the dummy pattern 30. Although it may be grasped as some desired patterns 20 between the two gate sections 22, the phase is grasped here as the light transmission section 34 set as 180 degrees. Moreover, each contact section 24 has light transmission section 24b which the protection-from-light sections 24a and 24c and the light transmission section 32 piled up. That is, field 24b's reference of drawing 6 and drawing 7 understands changing from the protection-from-light section to the light transmission section by having piled up the dummy pattern 30. The permeability of light transmission section 24b is 1 (100%), and the permeability of the protection-from-light sections 22, 24a, and 24c is 0.

[0062] Next, the lighting which uses the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis (it is (for example, like the illumination light which aperture-diaphragm 150A shown in drawing 3 (A) brings about)), ((for example, like the illumination light which aperture-diaphragm 150B shown in drawing 3 (B) brings about) It is) It was generated as the sum with the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, and multiplex illumination-light (for example, illumination light which aperture-diaphragm 150D shown in drawing 3 (D) brings about) use was carried out, and the phase shift mask 50 was exposed. At this time, the result of the optical intensity distribution produced on the plate 400 mentioned later is shown in drawing 8.

[0063] Drawing 8 (A) is the optical intensity distribution on the plate 400 about a cross section including A cross section shown in drawing 6. Drawing 8 (B) is the optical intensity distribution on the plate 400 about a cross section including A cross section shown in drawing 6. The intensity distribution on a plate 400 can be interpreted as light exposure distribution of the resist of a plate 400. With reference to drawing 8 (A), it is understood about A cross section that the optical reinforcement of light transmission section 24b is too high, and the contact section 24 is not correctly imprinted by the plate 400. It is understood that the dummy pattern 30 remains and the gate section 22 is not correctly imprinted by the plate 400 even if it shakes various thresholds of the resist of the plate 400 mentioned later about B cross section with reference to drawing 8 (B).

[0064] Then, by fattening the gate section 22 (namely, detailed part) of the desired pattern 20 for a while, it distinguishes between light exposure with the dummy pattern 30, the desired pattern 20 is emphasized, and the desired pattern 20 was resolved by the plate 400. The phase shift mask at this time is the mask 200 as one side face of this invention. Hereafter, the phase shift mask 200 is explained with reference to drawing 9 R>9. Here, drawing 9 (A) is the outline top view of the phase shift mask 200. Drawing 9 (B) is the partial enlarged drawing of the phase shift mask 200. Drawing 9 (C) is the modification of the phase shift mask 200 shown in drawing 9 (B). As shown in this drawing, the phase shift mask 200 has the mask pattern 260 with which a part consists of the patterns 210 and the dummy patterns 240 of the request made thick.

[0065] Although the desired pattern 210 is similar to the gate pattern 20, it is different in that the part is made thick. The desired pattern 210 consists of the pattern sections 212a and 212b (unless it refuses especially, a reference number 212 summarizes both.) of a pair, and each pattern section 212 consists of the detailed gate section 220 passing through D cross section, and the two contact sections 230 passing through C cross section.

[0066] Both the gates section 220 is a rectangle which has respectively detailed line breadth (it is the large line breadth L1 somewhat from L), and has aligned in parallel at detailed spacing (it is small spacing somewhat from L). With this operation gestalt, L is 0.12 micrometers.

[0067] On the other hand, the contact section 230 is a rectangle which has big line breadth somewhat rather than line breadth 3L respectively in instantiation, and two pairs of contact sections have aligned in parallel through detailed spacing (it is small spacing somewhat from L). The two contact sections 230 are formed in the both ends of the gate section 220 at each pattern section 212. This invention aims at resolving to coincidence the contact section 230 with which detailed spacing (it is small spacing somewhat from L) was separated from the gate section 220 with almost equal line breadth detailed in this way and spacing detailed in this way, and large line breadth (more nearly somewhat than namely, 3L big line breadth) was located in a line compared with minimum line width (gate section 220) L.

[0068] Two or more formation is carried out at the both sides of the two gate sections 220, and the dummy pattern 240 has the periodic structure of a detailed line and detailed spacing of having the same pitch L, in order

to resolve the two gate sections 220. By adding the dummy pattern 240 and forming periodic structure, control with the sufficient improvement in definition ability and the precision of line breadth is attained. This periodic pattern acquires ultimate resolution with a phase shift mask.

[0069] The dummy pattern 240 has the parallel light transmission sections 242 and 244 and the protection-from-light section 246 mutually, and the light transmission section and the protection-from-light section 246 align by turns. The width of face of each direction of Y of the light transmission sections 242 and 244 and the protection-from-light section 246 is equal to L (this operation gestalt 0.12 micrometers). The phase was set as 0 times and 180 degrees, the light transmission sections 242 and 244 are reversed 180 degrees mutually, and the light transmission sections 242 and 244 have aligned in the direction of Y by turns. The protection-from-light section 246 is constituted by chromium etc. The permeability of the light transmission sections 242 and 244 is 1 (100%), and the permeability of the protection-from-light section 246 is 0.

[0070] The gate section 220 of each pattern section 212 is put on the protection-from-light section 246 of the dummy pattern 240. Although it may be grasped as some desired patterns 210 between the two gate sections 220, the phase is grasped here as the light transmission section 244 set as 180 degrees. Moreover, each contact section 230 has the light transmission section 234 which the protection-from-light sections 232 and 236 and the light transmission section 242 piled up. That is, the field 234 is changing from the protection-from-light section to the light transmission section, when the dummy pattern 240 piled up. The permeability of the light transmission section 234 is 1 (100%), and the permeability of the protection-from-light sections 220, 232, and 236 is 0.

[0071] As shown in drawing 9 (A), originally, what was L, respectively is large to L1 ( $>L$ ), and line breadth of the gate section 220 and the protection-from-light sections 232 and 236 of the contact section 230 is carried out. Moreover, with reference to drawing 9 (B), about the center lines U1 and U2 of the protection-from-light section 246, it is equal, only L2 is thick on the outside, and each of the protection-from-light sections 232 and 236 is carried out. Consequently, it is understood that L1 is  $L+2xL2$ . Moreover, it is understood that the line breadth of a field 234 is  $L-2xL2$ . this operation gestalt -- differing -- the protection-from-light sections 232 and 236 -- respectively -- center lines U1 and U2 -- being related -- \*\*\*\*\* -- you may be made thick by width of face, and as shown in drawing 9 (C), it may be made thick by one side on either side, for example. Moreover, the line breadth by which the protection-from-light section 232 is made thick may differ from the line breadth by which the protection-from-light section 236 is made thick. The reason for making thick the protection-from-light sections 232 and 236 in this way is for establishing a difference for the desired pattern 210 about light exposure from the dummy pattern 240. The ratio of the line breadth L1 which should be made thick to line breadth L is about (for example, about 17%) dozens of %.

[0072] With this operation gestalt, since the line breadth of the gate section 220 is the same as that of the protection-from-light section 232 (namely, this example  $L+2xL2$ ), explanation is omitted here. It is good alternatively as for what is different from the protection-from-light section 232 in the line breadth of the gate section 220, and the gate section 220 may be made thick to right-and-left asymmetry about Chuo Line U1.

[0073] Next, the lighting which uses the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis (it is (for example, like the illumination light which aperture-diaphragm 150A of the illumination light shown in drawing 3 (A) brings about)), ((for example, like the illumination light which aperture-diaphragm 150B shown in drawing 3 (B) brings about) It is) It was generated as the sum with the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft, and multiplex illumination-light (for example, illumination light which aperture-diaphragm 150D shown in drawing 3 (D) brings about) use was carried out, and the phase shift mask 200 was exposed. At this time, the result of the optical intensity distribution produced on the plate 400 mentioned later is shown in drawing 10.

[0074] Drawing 10 (A) is the optical intensity distribution on the plate 400 about a cross section including C cross section shown in drawing 9 (A). Drawing 10 (B) is the optical intensity distribution on the plate 400 about a cross section including D cross section shown in drawing 9 (A). The intensity distribution on a plate 400 can be interpreted as light exposure distribution of the resist of a plate 400. It is understood in drawing 10 (A) that the optical reinforcement of the light transmission section 234 is decreasing rather than light transmission section 24b about C cross section as compared with drawing 8 (A). This is because the line breadth of the light transmission section 234 became smaller than L ( $L-2xL2$ ). For this reason, if the threshold of a resist is shaken suitably, it will be understood that the contact section 230 can imprint on a plate 400. It is understood in

drawing 10 (B) that the optical reinforcement of the light transmission section 244 between the gate sections 220 is decreasing rather than the light transmission section 34 between the gate sections 22 about D cross section as compared with drawing 8 R>8 (B). This is because the line breadth of the light transmission section 244 between the gate sections 220 became smaller than L ( $L-2\times L2$ ). For this reason, if the threshold of a resist is shaken suitably, it will be understood that the gate section 220 can imprint on a plate 400. As mentioned above, if the threshold of a resist is shaken suitably, it will be understood that the desired pattern 210 can imprint on a plate 400 correctly.

[0075] Next, with reference to drawing 12, mask 200A as a modification of a mask 200 is explained. Here, drawing 12 is an outline top view of mask 200A. Mask 200A has mask pattern 260A which consists of a desired pattern 210 and dummy pattern 240A, as shown in this drawing. Since the desired pattern 210 is the same as that of drawing 9 R>9, explanation is omitted.

[0076] Dummy pattern 240A consisted of the light transmission sections 242A and 244A, and the phase was set as 0 times and 180 degrees, and has reversed both 180 degrees. The light transmission sections 242A and 244A had width-of-face 2L in the direction of Y, respectively, and have aligned in parallel by turns in the direction of Y in it. Thus, dummy pattern 240A of this operation gestalt differs in the dummy pattern 240 shown in drawing 9, and does not have the protection-from-light section. Therefore, it becomes only the desired pattern 210 to have the protection-from-light section which consists of chromium etc. It is possible to distinguish between the light exposure of the desired pattern 210 and dummy pattern 240A by such chromium loess configuration.

[0077] That is, it will be understood that the light exposure of the center section of drawing 8 (A) decreases like the light exposure shown in the center section of drawing 10 (A) since the width of face of the light transmission section 234 is smaller than the width of face of the light transmission sections 242A and 244A. It will be understood that the light exposure of the center section of drawing 8 (B) decreases like the light exposure shown in the center section of drawing 10 (B) since similarly the width of face of light transmission section 244A (and light transmission section 244A sandwiched by the gate section 220 of a pair) sandwiched by two pairs of protection-from-light sections 232 is smaller than the width of face of the light transmission sections 242A and 244A. Consequently, the desired pattern 210 can be imprinted with sufficient contrast on a plate 400.

[0078] In addition, it will be understood that the same effectiveness is acquired, even if it sets up suitably the line breadth of the boundary section which a phase reverses in the desired pattern 210 and controls the light exposure of the desired pattern 210 and the dummy pattern 240 the optimal.

[0079] Next, with reference to drawing 14, mask 200B as a modification of a mask 200 is explained. Here, drawing 14 is an outline top view of mask 200B. Mask 200B has mask pattern 260B which consists of desired pattern 210A and dummy pattern 240A, as shown in this drawing. Since it is the same as that of drawing 12, dummy pattern 240A omits explanation.

[0080] As shown in drawing 14, the desired pattern 210 consists of the pattern sections 214a and 214b (unless it refuses especially, a reference number "214" shall summarize these) of a pair, and each pattern section 214 consists of contact section 230A of the gate section 220 and a pair. Each contact section 230A has light transmission section 234A and the protection-from-light sections 232 and 236. Since the gate section 220 and the protection-from-light sections 232 and 236 are the same as that of what was mentioned above with reference to drawing 9, explanation is omitted here.

[0081] As for light transmission section 234A, permeability is set as 0.7 (70%) instead of 1 (100%). It is possible for this to distinguish between the light exposure of desired pattern 210A and dummy pattern 240A. That is, it will be understood that the light exposure of the center section of drawing 8 (A) decreases like the light exposure shown in the center section of drawing 10 (A), since the width of face of light transmission section 234A is smaller than the width of face of the light transmission sections 242A and 244A and permeability is also low.

[0082] In addition, if light transmission section 234A is used, it will be understood that dummy pattern 240A may be the dummy pattern 240. Moreover, of course, the permeability of light transmission section 244A (and light transmission section 244A sandwiched by the gate section 220 of a pair) sandwiched by two pairs of protection-from-light sections 232 may be similarly set as 0.7 (70%).

[0083] Thus, the desired pattern 210 can be imprinted with sufficient contrast on a plate 400 by controlling a part of (between the pattern sections 212 being included) light transmittance of a desired pattern.

[0084] Projection optics 300 has the aperture diaphragm 320 for carrying out image formation of the diffracted light which passed through the mask pattern 260 formed in the mask 200 on a plate 400. The optical system which has the optical system which consists only of two or more lens elements, the optical system (catadioptric optical system) which has two or more lens elements and the concave mirror of at least one sheet, two or more lens elements, and diffracted-light study components, such as kino form of at least one sheet, the optical system of all mirror molds, etc. can be used for projection optics 300. When amendment of chromatic aberration is required, two or more lens elements which consist of glass material from which a variance (ABBE value) differs mutually are used, or it constitutes so that distribution of a lens element and hard flow may produce a diffracted-light study component. As mentioned above, the configuration of the effective light source formed in the pupil surface 320 of projection optics 300 is the same as the configuration shown in drawing 3 thru/or drawing 5.

[0085] Although a plate 400 is a wafer with this operation gestalt, it includes the processed object of a liquid crystal substrate and others widely. The photoresist is applied to the plate 400. A photoresist spreading process includes pretreatment, adhesion improver spreading processing, photoresist spreading processing, and prebaking processing. Pretreatment includes washing, desiccation, etc. surface treatment (namely, hydrophobicity-izing by surfactant spreading) processing for adhesion improver spreading processing to raise the adhesion of a photoresist and a substrate -- it is -- organic film, such as HMDS (Hexamethyl-disilazane), -- a coat -- or steam treatment is carried out. Although prebaking is a baking (baking) process, it is softer than it after development, and it removes a solvent.

[0086] A plate 400 is supported by the wafer stage 450. Since any configurations of common knowledge in this industry are applicable, a stage 450 omits explanation of detailed structure and actuation here. For example, a stage 450 moves a plate 400 in the XY direction using a linear motor. It synchronizes, and it is scanned, and a mask 200 and a plate 400 are supervised by a laser interferometer etc., and both drive the location of the mask stage which is not illustrated and the wafer stage 450 at the fixed rate of a velocity ratio. A stage 450 is formed on the stage surface plate supported on a floor etc. through a damper, and a mask stage and projection optics 300 are established on the lens-barrel surface plate which is supported through a damper etc. on the base frame with which for example, the lens-barrel surface plate was laid in the floor etc. and which is not illustrated.

[0087] It is made to move to the Z direction which is connected to a stage 450 and shows a plate 400 to drawing 1 within the limits of the depth of focus with a stage 450, and image formation centering-control equipment 500 adjusts the image formation location of a plate 400. If an aligner 1 has the need, it can also abolish dispersion in the image formation engine performance in the depth of focus by exposing two or more times to the plate 400 arranged in a different location in a Z direction. Since any techniques of common knowledge in this industry, such as a rack which is extended to a Z direction and which is not illustrated and a means to connect with a stage 450 and to rotate the movable pinion which is not illustrated and a pinion for a rack top, are applicable, image formation centering-control equipment 500 omits detailed explanation here.

[0088] In exposure, after the shape of beam is fabricated by the desired thing by the beam shaping system 114, incidence of the flux of light emitted from laser 112 is carried out to the illumination-light study system 120. The condensing optical system 130 introduces into the optical integrator 140 efficiently the flux of light which passed it. The light exposure controller 132 adjusts the light exposure of the illumination light in that case. The optical integrator 140 equalizes the illumination light and an aperture diaphragm 150 forms the illumination light by which the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft were compounded. This illumination light illuminates the phase shift mask 200 on the optimal lighting conditions through a condenser lens 160.

[0089] The mask pattern 260 with which a part of line breadth consisted of a pattern 210 of the request made thick and a dummy pattern 240 put on the pattern 210 is formed in the mask 200. The gate section 220 is put on the protection-from-light section (dark line section) 236 of the dummy pattern 240, and forms a L&S pattern with the dummy pattern 240, and definition ability is raised by the phase shift mask. Moreover, the gate section 220 is made thicker than the dummy pattern 240, and, as for the light transmission section in the meantime, light exposure is decreasing rather than the dummy pattern 240. The contact section 230 is put on the dummy pattern 240, a part (namely, field 234) changes to the light transmission section, and a part (namely, protection-from-light sections 232 and 236) is made thicker than the line breadth of the dummy pattern 240, consequently

light exposure is decreasing [ the light transmission section 234 ] rather than the dummy pattern 240.

[0090] Contraction projection of the flux of light which passed the mask 200 is carried out by image formation operation of projection optics 300 for a predetermined scale factor on a plate 400. If it is the aligner 1 of a step and a scanning method, it will fix, a mask 200 and a plate 400 will carry out a synchronous scan, and the light source section 110 and projection optics 300 will expose the whole shot. Furthermore, the step of the stage 450 of a plate 400 is carried out, it moves to the following shot and the exposure imprint of many shots is carried out on a plate 400. In addition, if an aligner 1 is a step-and-repeat method, it will expose in the condition of having made the mask 200 and the plate 400 standing it still.

[0091] The illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis illuminates the phase shift mask 200, and forms the intensity distribution of a detailed periodic pattern on a plate 400. The illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft illuminates a mask 200, and exposes it coarsely. Since the light transmission sections 244 and 234 between the gate sections 220 of the phase shift mask 200 have narrow pattern width of face, light exposure decreases, and the desired pattern 210 is contributed to dissociating from the dummy pattern 240. Consequently, the pattern of the desired contact hole 210 can be formed on a plate 400 by choosing the threshold of the resist of a plate 400 suitably. Thereby, an aligner 1 can perform the pattern imprint to a resist with high precision, and can offer high-definition devices (a semiconductor device, a LCD component, image sensors (CCD etc.), thin film magnetic head, etc.).

[0092] Next, with reference to drawing 17 and drawing 18, the example of the manufacture approach of a device of having used the above-mentioned aligner 1 is explained. Drawing 17 is a flow chart for explaining manufacture of devices (semiconductor chips, such as IC and LSI, LCD, CCD, etc.). Here, manufacture of a semiconductor chip is explained to an example. The circuit design of a device is performed at step 1 (circuit design). The mask in which the designed circuit pattern was formed is manufactured at step 2 (mask manufacture). At step 3 (wafer manufacture), a wafer is manufactured using ingredients, such as silicon. Step 4 (wafer process) is called a last process, and forms an actual circuit on a wafer with the lithography technique of this invention using a mask and a wafer. Step 5 (assembly) is called a back process, is a process semiconductor-chip-sized using the wafer created by step 4, and includes processes, such as an assembly process (dicing, bonding) and a packaging process (chip enclosure). At step 6 (inspection), the check test of the semiconductor device created at step 5 of operation, an endurance test, etc. are inspected. A semiconductor device is completed through such a process and this is shipped (step 7).

[0093] Drawing 18 is the detailed flow chart of the wafer process of step 4. The front face of a wafer is oxidized at step 11 (oxidation). At step 12 (CVD), an insulator layer is formed on the surface of a wafer. At step 13 (electrode formation), an electrode is formed by vacuum evaporation etc. on a wafer. Ion is driven into a wafer at step 14 (ion implantation). A sensitization agent is applied to a wafer at step 15 (resist processing). At step 16 (exposure), the circuit pattern of a mask is exposed to a wafer with an aligner 1. The exposed wafer is developed at step 17 (development). At step 18 (etching), parts other than the developed resist image are shaved off. The resist which etching ended and became unnecessary is removed at step 19 (resist exfoliation). A circuit pattern is formed on a wafer by carrying out by repeating these steps multiplex.

[0094]

[Example 1] In the example 1, the phase shift mask 200 shown in drawing 9, aperture-diaphragm 150G which are indicated to be a KrF excimer laser (wavelength of 248nm) to laser 112 at drawing 4 (A), and the projection optics 300 of NA0.60 were used for the aligner 1. In the phase shift mask 200, L shown in drawing 9 (B) set L1 to 140nm (namely, L2=10nm) by 120nm by conversion on a wafer (plate 400) side. The dummy pattern 240 was used as the 120nm L&S pattern.

[0095] The illumination light which has the peak of intensity distribution for this aligner 1 near the optical axis (it is (like the illumination light which aperture-diaphragm 150A shown in drawing 3 (A) gives)), ((like the illumination light which aperture-diaphragm 150B shown in drawing 3 (B) gives) It is) Quadrupole illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft (sigma of the magnitude of each circular opening is set to 0.3 for sigma of the center position of each circular opening in the location of x and each direction 0.6 of y.) And it exposed, respectively by the fivefold (it is (like illumination light which aperture-diaphragm 150D shown in drawing 3 (D) gives)) pole illumination light (0.3 and the others of sigma of a core are the same as that of the quadrupole illumination light) by which the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a

shaft were compounded. Moreover, the intensity ratio of the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis of the fivefold pole illumination light by the light exposure controller 132, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft was set as 0.9 to 1.

[0096] The result of these exposure is shown in drawing 11. When the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis is used with reference to drawing 11 R>1 (A), only minute period structure is exposed. When the quadrupole illumination light is used with reference to drawing 11 (B), only the big pattern section is exposed and the detailed period pattern is not resolved. When the fivefold pole illumination light which carried out multiplex [ of these ] is used with reference to drawing 11 (C), the gate pattern 210 desired whole is resolved. Drawing 11 (A) thru/or (C) are the exposure pattern properties at the time of shaking the distance from the focus in the depth of focus at a longitudinal direction to -0.4 micrometers - +0.4 micrometers with resolving centering-control equipment 500. These brought the same result as what was explained with reference to drawing 10.

[0097] When the fivefold pole illumination light was used, as shown in drawing 11 (C), 0.12-micrometer pattern with the very sufficient definition of a detailed pattern was formed. When the line breadth R in a formula 1 is broken by ( $\lambda/NA$ ) and it standardizes by k1, it means that the pattern of  $k_1=0.29$  was resolved.

[0098]

[Example 2] In the example 2, phase shift mask 200A shown in drawing 12 was used, it was made the aperture diaphragm 150 using aperture-diaphragm 150D etc., and both the illumination light which has the peak of intensity distribution near the optical axis, and the illumination light which has the peak of intensity distribution out of a shaft were used at it. Other exposure conditions were made to be the same as that of an example 1. The result at this time is shown in drawing 13. It will be understood that the same result as drawing 11 (C) is obtained.

[0099]

[Example 3] In the example 3, phase shift mask 200B shown in drawing 14 was used. Other exposure conditions were made to be the same as that of an example 2. The result at this time is shown in drawing 15. It will be understood that the same result as drawing 11 (C) is obtained.

[0100] According to this invention, minimum line width was able to imprint with the sufficient image formation property on the 400th page of a plate in a different location in the depth of focus, without a detailed complicated pattern 0.15 micrometers or less exchanging a mask 200. In both this examples, the pattern minimum line width and whose minimum interval are 0.12 micrometers was resolved with the KrF excimer laser and the aligner 1 of NA=0.6. In addition, when resolution is standardized by k1, it is  $k_1=0.29$  and pitch  $0.29 \times 2 = 0.58$ . Therefore, it became possible to expose without resolving of the complicated pattern which consists of detailed line breadth and bigger line breadth than it exchanging masks, and formation of a predetermined pattern was attained on the wafer side.

[0101] As mentioned above, although the desirable example of this invention was explained, various deformation and modification of the meaning at within the limits are possible for this invention, without being limited to these.

[0102]

[Effect of the Invention] According to the mask, the exposure approach, and equipment of this invention, it can have detailed line breadth (for example, 0.15 micrometers or less), and the mask pattern with which even from a L&S pattern to isolation and a complicated pattern are intermingled can be exposed to high resolution, without exchanging masks. Moreover, the device manufacture approach which used this exposure approach and equipment can manufacture a high-definition device.

---

[Translation done.]

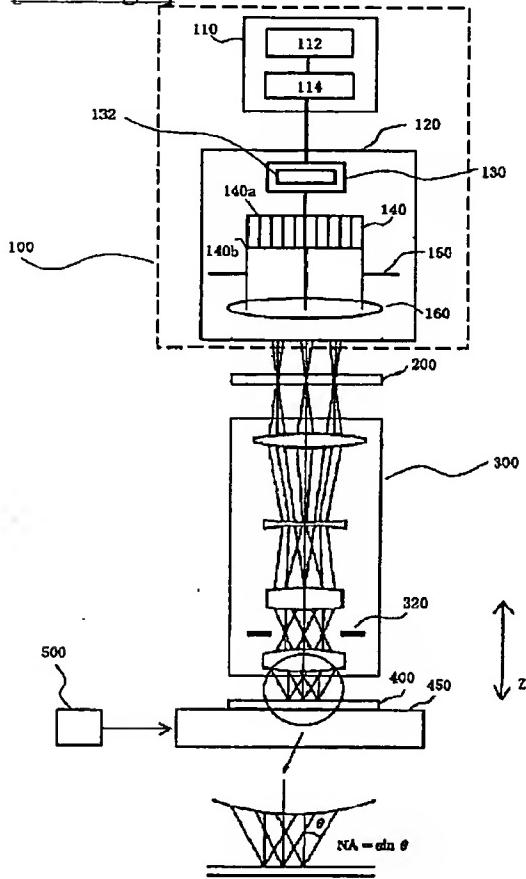
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

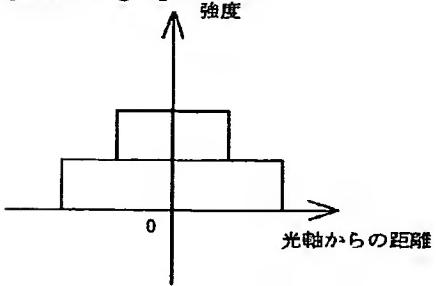
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

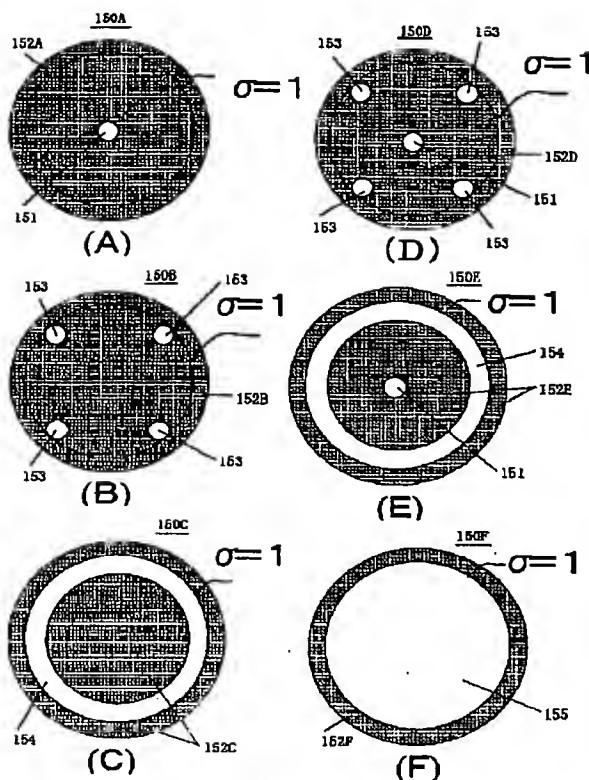
[Drawing 1]



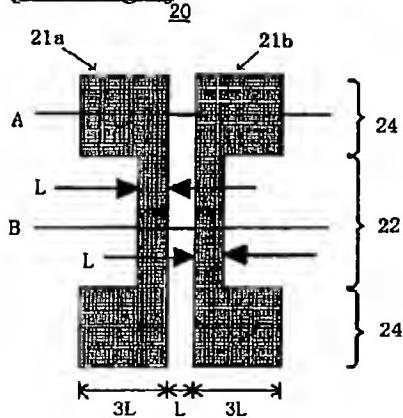
[Drawing 2]



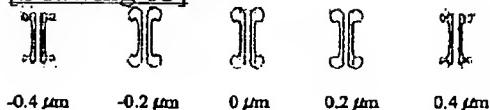
[Drawing 3]



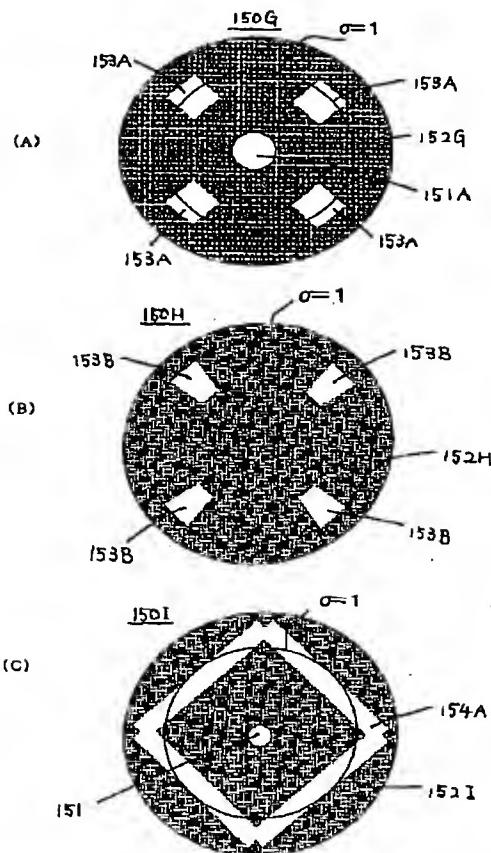
[Drawing 6]



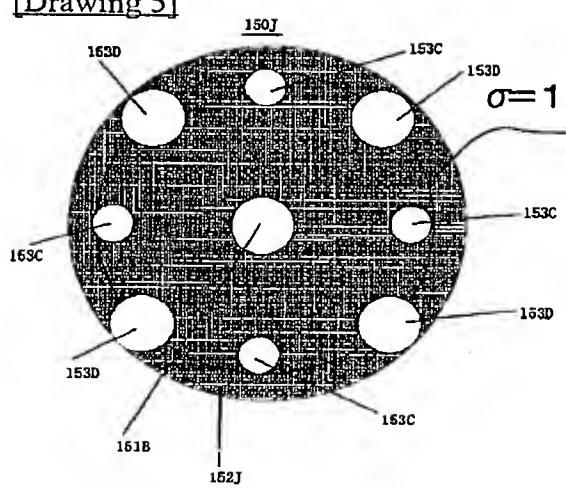
[Drawing 13]



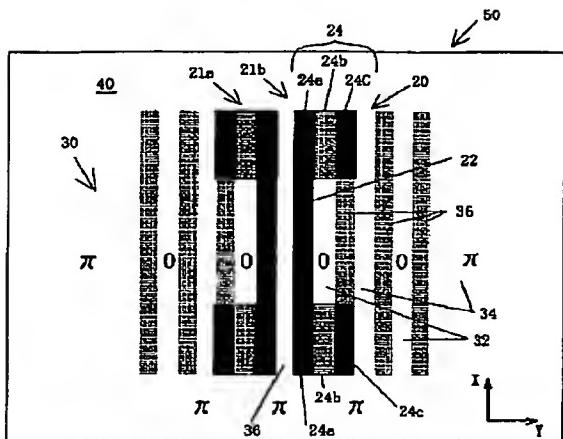
[Drawing 4]



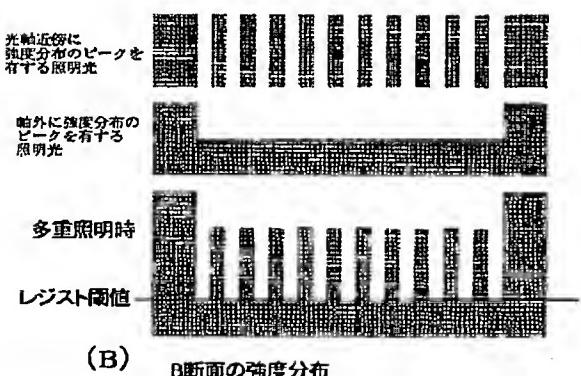
[Drawing 5]



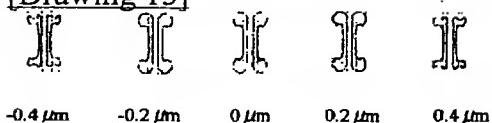
[Drawing 7]



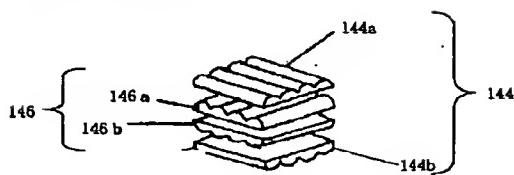
[Drawing 8]



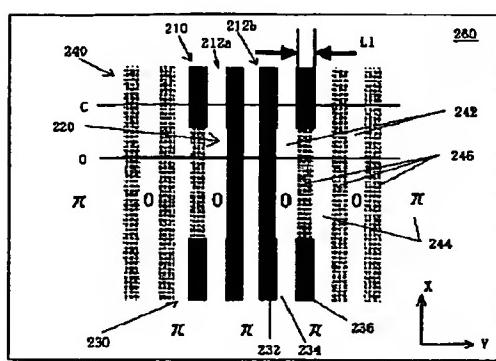
[Drawing 15]



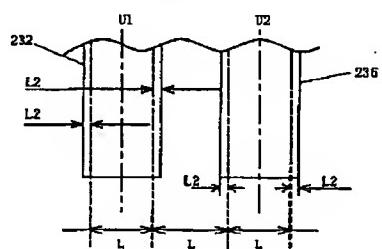
[Drawing 16]



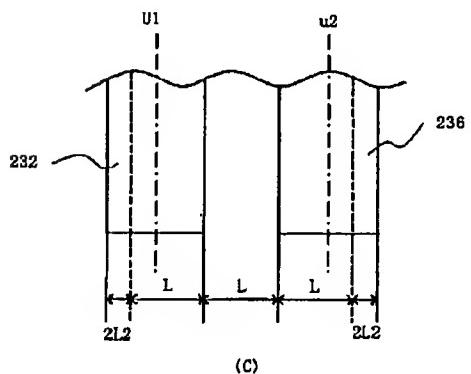
## [Drawing 9]



(A)

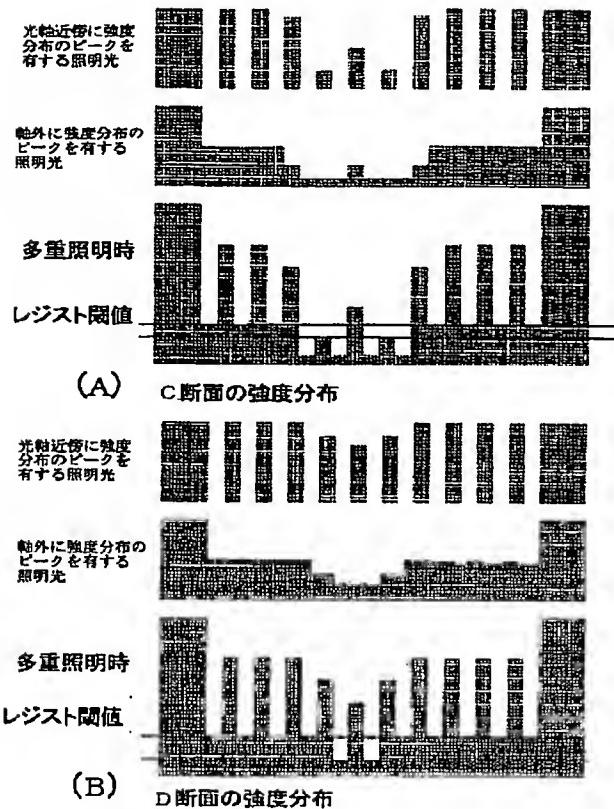


(B)

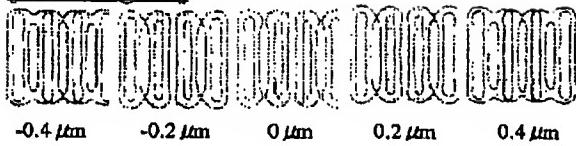


(C)

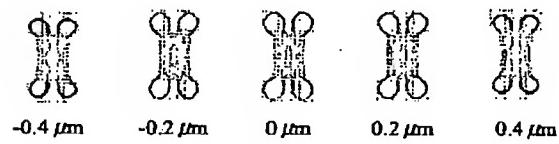
## [Drawing 10]



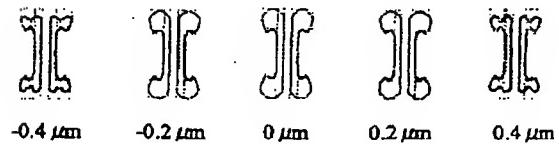
[Drawing 11]



(A)

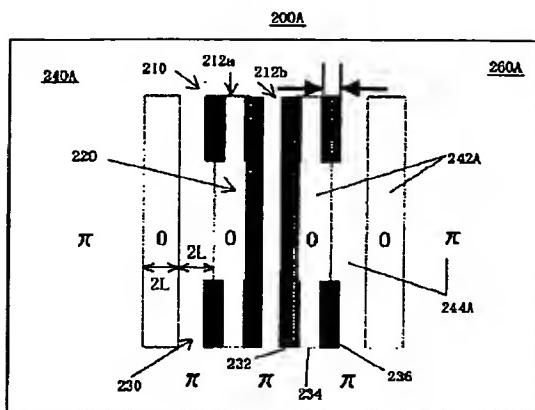


(B)



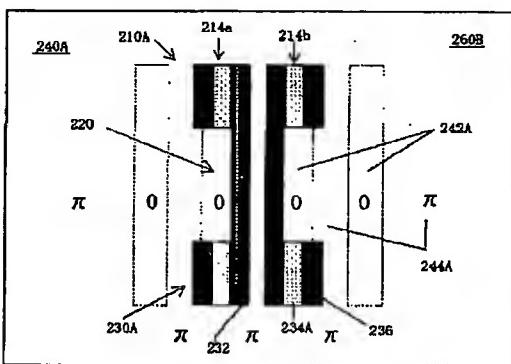
(C)

[Drawing 12]

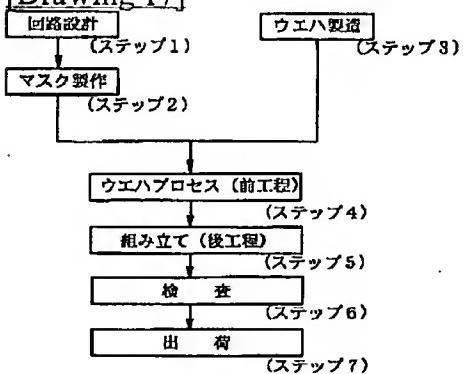


[Drawing 14]

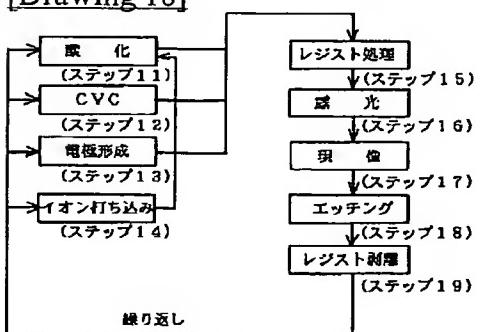
200B



[Drawing 17]



[Drawing 18]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-326370

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H 01 L 21/027

識別記号

序内整理番号

F 1

技術表示箇所

7352-4M  
7352-4M

H 01 L 21/ 30

3 1 1 L  
3 1 1 W

審査請求 未請求 請求項の数10(全 20 頁)

(21)出願番号 特願平4-186673

(22)出願日 平成4年(1992)7月14日

(31)優先権主張番号 特願平4-70617

(32)優先日 平4(1992)3月27日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 井上 壮一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 藤澤 忠仁

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 佐藤 隆

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

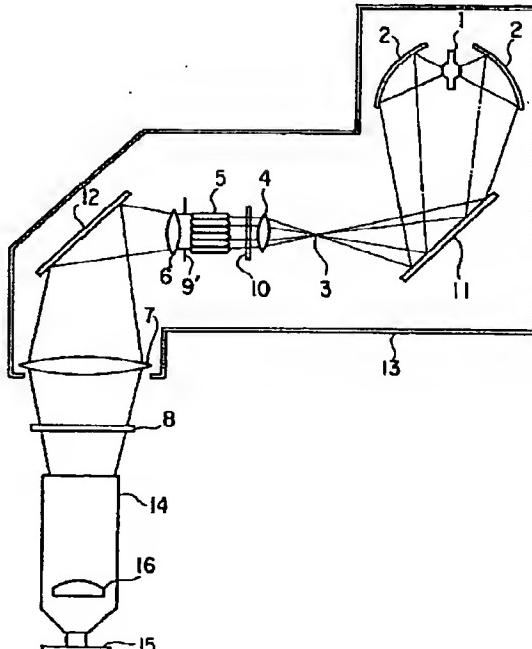
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投影露光装置

(57)【要約】

【目的】 L/Sパターンのサイズが大きい場合にあっても焦点深度を十分大きくすることができ、露光精度の向上をはかり得る投影露光装置を提供すること。

【構成】 マスクのバターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスク8を照明する2次光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめる特殊絞り9' (4つ目フィルタ20) を設け、マスク8として、透光性基板上に半透明膜のバターンが形成され、該半透明膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、 $180 \times (2n + 1) \pm 30$  (度) : nは整数、の関係を満たし、且つ半透明膜の振幅透過率Tが透光性基板の振幅透過率T0に対して $0.01 \times T_0 \leq T \leq 0.30 \times T_0$  の関係を満たすハーフトーンマスクを用いたことを特徴とする。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめ、前記マスクとして、透光性基板上に半透明膜のパターンが形成され、該半透明膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たし、且つ半透明膜の振幅透過率Tが透光性基板の振幅透過率T<sub>0</sub>に対して

$$0.01 \times T_0 \leq T \leq 0.30 \times T_0$$

を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項2】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめ、

前記マスクとして、透光性基板上に遮光性膜によってパターンが形成され、該遮光膜によるパターンの周囲又は周囲を除く部分に透光性膜を配設し、該透光性膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、  
 $180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項3】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめ、

前記マスクとして、透光性基板上に透光性膜によって少なくとも一部にパターンが形成され、該透光膜によるパターンを通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項4】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、

前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめ、

前記投影光学系の瞳位置に、露光光に対する透光性を有する基板を配置し、該基板の厚さ又は屈折率に分布を持たせたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項5】光源からの光を集光する第1集光光学系と、この第1集光光学系で集光された光を均一化する均一化光学系と、この均一化光学系の出射側の光源面位置に設けられた特殊絞りと、この特殊絞りを介して得られ

10

る光を集光してマスクに照射する第2集光光学系と、マスクを透過した光をウェハ上に投影する投影光学系とを具備し、マスクに形成されたパターンをウェハ上に転写する投影露光装置において、

前記特殊絞りは、光軸を中心とする同心円上に略图形の中心があり、光源面内の強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめる4箇所の比較的動径方向が広い領域と、これら4つの領域を結合させる比較的動径方向が狭い領域からなるものであることを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、

前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、且つ光源の中心部分の強度を大とし、

前記マスクとして、透光性基板上に半透明膜のパターンが形成され、該半透明膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たし、且つ半透明膜の振幅透過率Tが透光性基板の振幅透過率T<sub>0</sub>に対して

$$0.01 \times T_0 \leq T \leq 0.30 \times T_0$$

を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、

前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、且つ光源の中心部分の強度を大とし、

前記マスクとして、透光性基板上に遮光性膜によってパターンが形成され、該遮光膜によるパターンの周囲又は周囲を除く部分に透光性膜を配設し、該透光性膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項8】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、

40 前記マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、且つ2次光源の中心部分の強度を大とし、

前記マスクとして、透光性基板上に透光性膜によって少なくとも一部にパターンが形成され、該透光膜によるパターンを通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$  (度) : nは整数、  
の関係を満たすものを用いたことを特徴とする投影露光装置。

50

【請求項 9】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、前記マスクを照明する光源の強度分布を、光軸から外れた1つの領域又は光軸を挟んで対称な2つの領域にて強度大とし、前記投影光学系の瞳の透過率分布を、該瞳上で前記光源の強度大となる領域を含む瞳の直径方向に沿って透過率大とし、前記光源の強度分布と前記瞳の透過率分布を露光中に光軸を中心として同期回転させることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 10】マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、前記マスクを照明する光源の強度分布を、光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、前記投影光学系の瞳の透過率分布を、該瞳上で前記光源の強度大となる4つの領域からなる矩形の辺方向又は対角線方向に透過率大とし、前記光源の強度分布と前記瞳の透過率分布を露光中に光軸を中心として同期回転させることを特徴とする投影露光装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体集積回路の製造に要する微細レジストパターンを形成するための投影露光装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】近年、光リソグラフィ技術の進歩は目覚しく、g線(436nm)やi線(365nm)の投影露光装置では、0.5μmルールも実現できる可能性が出てきた。これは、投影露光装置の高性能化、特にレンズの高NA化が進んだことによる。しかし、次世代の0.3μmルールも今までの延長で達成できるかは疑問である。レンズの高NA化や、露光光の短波長化により解像度は向上するが、焦点深度は低下するため実用解像度はあまり向上しない。従って、焦点深度の向上技術の開発が望まれている。

【0003】図23に、従来一般的に用いられている投影露光装置の概略構成を示す。この図において、1は水銀灯からなるランプ、2は楕円反射鏡、3は楕円反射鏡2の第2焦点、4はインプットレンズ、5はオブチカルインテグレータ(はえの目レンズ)、6はアウトプットレンズ、7はコリメーションレンズ、8はレチクル(マスク)、9は均一絞りとしての開口絞り、10は光学系が収差補正されている波長の光だけを通すためのフィルタ、11、12は光路を曲げて装置の高さを低くするコールドミラー、13はランプハウス、14はレンズ、ミラー或いはその組み合わせによりレチクル8上のパターンの像をウェハ上に投影する投影光学系、15はウェ

ハ、16は開口数を決定する絞りである。

【0004】従来の投影露光装置の基本構成は、図23に示した以外にも多数あるが、模式的には図24(a)に示すように、光源1、第1集光光学系18、均一化光学系19、第2集光光学系20、レチクル8、投影光学系14、ウェハ15の順に配列されている。第1集光光学系18は、図23の例で楕円反射鏡2及びインプットレンズ4に相当する部分であり、楕円鏡のほか球面鏡、平面鏡、レンズ等を適当に配置し、光源から出る光束をできるだけ効率良く均一化光学系19に入れる役目を持つ。また、均一化光学系19は図23のオブチカルインテグレータ5に相当する部分であり、その他として光ファイバや多面体プリズム等が使用されることもある。

【0005】第2集光光学系20は、図23のアウトプットレンズ6及びコリメーションレンズ7に相当する部分であり、均一化光学系19の出射光を重畠させ、さらに像面テレセントリック性を確保する。この他、光束が光軸平行に近い個所に図23のフィルタ10に相当するフィルタが挿入され、またコールドミラー11、12に相当する反射鏡も、場所は一義的でないが挿入される。

【0006】このように構成された装置においてレチクル8から光が来る側を見た場合、光の性質は、第2集光光学系20を通して均一化光学系19から出てくる光の性質となり、均一化光学系19の出射側が見掛け上の光源に見える。このため、上記のような構成の場合、一般に均一化光学系19の出射側24を2次光源と称している。レチクル8がウェハ15上に投影されるとき、投影露光パターンの形成特性、即ち解像度や焦点深度等は、投影光学系14の開口数及びレチクル8を照射する光の性状、即ち2次光源24の性状によって決まる。

【0007】図24(b)は同図(a)に示した投影露光装置におけるレチクル照明光線、結像光線に関する説明図である。図24(b)において、投影光学系14は通常内部に開口絞り16を有しており、レチクル8を通った光が通過し得る角度θaを規制すると共に、ウェハ15上に落射する光線の角度θを決めている。

【0008】一般に、投影光学系の開口数NAと称しているのは、 $NA = \sin \theta$ で定義される角度であり、投影倍率を $1/m$ とすると、 $\sin \theta_a = \sin \theta / m$ の関係にある。また、この種の装置においては「像面テレセントリック」、即ち像面に落ちる主光線が像面に垂直に構成されるのが普通であり、この「像面テレセントリック」の条件を満たすため、図24(a)の均一化光学系19の出射面、即ち2次光源24の光源面の実像が開口絞り16の位置に結像される。

【0009】このような条件下でレチクル8から第2集光光学系20を通して2次光源面を見た時の立体角をレチクル8に入射する光の範囲してとらえ、その半角をφとし照明光のコヒーレンシィσを $\sigma = \sin \phi / \sin \theta_a$ で定義した場合、パターン形成特性はNAとσで決

定せられるものと考えていた。

【0010】次に、NA及び $\sigma$ とパターン形成特性との関連について詳細に説明する。NAが大きい程解像度は上がるが、焦点深度が浅くなり、また投影光学系14の収差のため露光領域の確保が難しくなる。ある程度の露光領域と焦点深度（例えば10mm角、 $\pm 1\mu m$ ）がないと実際のLSI製造等の用途に使えないため、従来の装置ではNA=0.35程度が限界となっている。一方、 $\sigma$ 値は主としてパターン断面形状、焦点深度に関係し、断面形状と相関を持って解像度に関与する。 $\sigma$ 値が小さくなるとパターンの淵が強調されるため、断面形状は側壁が垂直に近づいて良好なパターン形状となるが、細かいパターンでの解像性が悪くなり解像し得る焦点範囲が狭くなる。逆に、 $\sigma$ 値が大きいと細かいパターンでの解像性、解像し得る焦点範囲が若干良くなるが、パターン断面の側壁傾斜がゆるく、厚いレジストの場合、断面形状は台形ないし三角形となる。

【0011】このため、従来の投影露光装置では、比較的バランスのとれた $\sigma$ 値として、 $\sigma=0.5 \sim 0.7$ に固定設定されており、実験的に $\sigma=0.3$ 等の条件が試みられているにすぎない。 $\sigma$ 値を設定するには2次光源24の光源面の大きさを決めれば良いため、一般に2次光源24の光源面の直後に $\sigma$ 値設定用の円形開口絞り9を置いている。

【0012】このような一般的な投影露光装置の焦点深度を向上させる1つの方法として、円形開口絞り9の代わりに特殊な開口パターンを有する特殊絞りを用いる例が提案されている（浮田と辻内による「顕微鏡対物レンズの研究（第10報）」1957年の機械試験所報、第11巻、第2号、p9～）。この中で特徴的なものは、図25(a)に示すフィルタを用いた場合、2つの光透過領域を結ぶ方向とは垂直方向に並べられたL/Sパターンに対して極めて高い解像性能を有することが記述されていることである。

【0013】一方、この変形例として、図25(b)に示すように4つの開口を有するフィルタ（以下、4つ目フィルタと称する）が提案されており（特公昭56-9010号公報）、この形の4つ目フィルタを用いた投影露光は、1991年10月の第52回応用物理学会学術講演会において、加門、宮本他により「変形光源を用いた縮小投影露光法(I),(II)」（講演番号12a-ZF-3及び12a-ZF-4）と題して発表された。これによれば、L/Sに対する高い解像性能は一方向のみではなく、それに直角な方向も合わせて得られることが示されている。

【0014】図26は、この4つ目フィルタで照明した場合と、通常照明の場合の転写特性をシミュレーションした結果を示している。横軸はラインとスペースの比率が1:1のL/Sパターンサイズ、縦軸は焦点深度(DOF)を示している。露光波長は365nm(i線)、投影光学系のNAは0.55である。また、像コントラ

スト70%以上で解像できるレジストを想定している。このようなL/Sパターンにおいては、L/S<0.65μm、特にL/S=0.4μm付近では、通常照明に比べて4つ目照明による解像度、焦点深度向上効果が著しい。しかしながら、L/S≥0.65μmでは逆に通常照明の場合の焦点深度の方が4つ目照明に比べて大きくなってしまう。

【0015】特に、L/S=0.7μm付近での焦点深度が最も悪くなっている。この特性は4つ目フィルタの目の位置、大きさに依存する。目の間隔が離れるほど小さなL/Sの焦点深度が向上する一方で大きなL/Sでの焦点深度の低下が著しくなるという傾向が顕著となる。また、目が小さい程特定サイズのL/Sパターンの焦点深度のみが向上するような傾向を示す。このように4つ目フィルタの目の位置、大きさによって多少の差異はあるが、全体的な傾向は図26に示す通りである。

【0016】また、上記の説明はL/Sパターンに関してであるが、孤立抜きパターン形成時（ポジレジスト使用時）においては、4つ目フィルタはむしろ逆効果であり、DOFが減少することが分かった。焦点深度1.5μmを確保できる最小抜き線幅は、通常露光では0.4μmであるのに対して、4つ目照明による露光では0.45μmとなってしまう。つまり、4つ目照明による露光を行う場合には、1:1のL/Sパターンは0.29μmで設計できるのに対し、孤立抜きパターンは0.45μm以上で設計する必要があることを意味している。実際のLSIパターンにおいては、抜き線幅がデザインルールに近く、両側が数μmに渡ってレジストであるような典型的な孤立抜きパターンは少ないので、ライン30に対してスペースの比率が小さいパターンは非常に多い。このような所謂孤立抜きパターンの場合、焦点深度1.5μm以上を確保できる線幅が大きくなり、チップのシーリングに大きな影響を与える。

【0017】また、4つ目フィルタを用いた4つ目露光では、相互に直交する2方向以外に配置されたパターンに対しては良好な解像性能が得られず、特に45度方向に配置されたパターンについては解像性能の低下が著しいことが分かった。図26に示す特性は、4つ目フィルタとL/Sの方向とが図27に示すような関係の場合である。4つ目フィルタとL/Sの方向とが図28のような関係、即ちL/Sに対して45度の方向性を有する場合は、図29に示すようのような結果が得られる。この場合は、4つ目照明での転写は通常照明に比べて焦点深度が悪くなってしまう。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、通常の円形2次光源による露光に比べて4つ目フィルタを用いた露光では、L/S<0.65μmでは解像度、焦点深度向上効果が著しい。しかしながら、L/S≥0.65μmでは逆に通常照明の場合の焦点深度の方が4つ目

照明に比べて大きくなってしまう。特に、 $L/S = 0$ 、 $7 \mu m$ 付近では焦点深度が $1$ 、 $5 \mu m$ 程度となってしまう。このため、大きな焦点深度が必要な層を転写する際には $L/S = 0$ 、 $7 \mu m$ 付近のパターンが良好に転写されない。つまり、 $L/S = 0$ 、 $4 \mu m$ 付近では $2$ 、 $5 \mu m$ 程度の焦点深度を有しているのにも拘らず、より大きなサイズのパターンによって転写特性が律速してしまう問題がある。

【0019】また、4つ目フィルタのように特定の4箇所でのみ光を透過するフィルタを照明フィルタとして用いると、パターンの方向によって解像性能に大きな差異が生じるという問題があった。

【0020】また、上記従来例では $L/S$ の焦点深度及び解像力は向上するが、その一方で独立抜きパターンにおいては焦点深度及び解像力が減少する。このことは、パターンのスペース幅に対するライン幅が広い程、太い線幅で設計する必要があることを示している。実際のLSIパターンでは、スペースに対するライン幅が広いパターンは数多く存在するため、4つ目照明による大幅な焦点深度増大効果をチップサイズのシュリンクに結び付けることができない。

【0021】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、 $L/S$ パターンのサイズが大きい場合にあっても焦点深度を十分大きくすることができ、露光精度の向上をはかり得る投影露光装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、パターンの方向によらず、焦点深度を十分大きくすることのできる投影露光装置を提供することにある。

【0022】また、本発明の別の目的は、独立抜きパターン又はスペース幅に対してライン幅が広い独立抜き的なパターンの抜き線幅をより細かく設計することができ、その結果、チップサイズの大幅なシュリンクを達成する投影露光装置を提供することにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため本発明では、次のような構成を採用している。

【0024】即ち本発明（請求項1～3）は、マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめる特殊絞りを設け、マスクとしてハーフトーンマスク、自己整合型位相シフトマスク又はシフターエッジ型位相シフトマスクを用いた特徴とする。ここで、ハーフトーンマスクとは、透光性基板上に半透明膜のパターンが形成され、該半透明膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$ （度）：nは整数、の関係を満たし、且つ半透明膜の振幅透過率Tが透光性基板の振幅透過率 $T_0$ に対して、

$0.01 \times T_0 \leq T \leq 0.30 \times T_0$ を満たすものである。

【0025】自己整合型位相シフトマスクとは、透光性基板上に遮光性膜によってパターンが形成され、該遮光膜によるパターンの周囲又は周囲を除く部分に透光性膜を配設し、該透光性膜を通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、

$180 \times (2n+1) \pm 30$ （度）：nは整数、の関係を満たすものである。

【0026】シフターエッジ型位相シフトマスクとは、透光性基板上に透光性膜によって少なくとも一部にパターンが形成され、該透光膜によるパターンを通過する光の透光性基板を通過する光に対する位相差が、  
 $180 \times (2n+1) \pm 30$ （度）：nは整数、の関係を満たすものである。

【0027】また、本発明（請求項4）は、マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめる特殊絞りを設け、さらに投影光学系の瞳位置に露光光に対する透光性を有する基板を配置し、該基板の厚さ又は屈折率に分布を持たせたことを特徴とする。

【0028】ここで、投影光学系の瞳位置に配置する基板においては、瞳の周辺部に相当する基板の厚さ又は屈折率を、その他の部分に対して異ならせるのが望ましい。また、上記の構成に加え、前記ハーフトーンマスク、自己整合型位相シフトマスク又はシフターエッジ型位相シフトマスクを用いるのがより望ましい。

【0029】また、本発明（請求項5）は、光源からの光を集光する第1集光光学系と、この第1集光光学系で集光された光を均一化する均一化光学系と、この均一化光学系の出射側の光源面位置に設けられた特殊絞りと、この特殊絞りを介して得られる光を集光してマスクに照射する第2集光光学系と、マスクを透過した光をウェハ上に投影する投影光学系とを具備し、マスクに形成されたパターンをウェハ上に転写する投影露光装置において、特殊絞りの構成として、光軸を中心とする同心円上に略図形の中心があり、光源面内の強度分布を光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめる4箇所の比較的動径方向が広い領域と、これら4つの領域を結合させる比較的動径方向が狭い領域とを有するように構成したことを特徴とする。

【0030】また本発明（請求項6～8）は、マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスクを照明する光源として、該光源の射出面内強度分布を光軸に対して4回対称で光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、且つ光源の中心部分の強度を大とした特殊絞りを設け、マスクとして、ハーフトーンマスク、自己整合型位相シフトマスク

又はシフターエッジ型位相シフトマスクを用いた特徴とする。

【0031】また本発明（請求項9）は、マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスクを照明する光源の強度分布を光軸から外れた1つの領域又は光軸を挟んで対称な2つの領域にて強度大とし、投影光学系の瞳の透過率分布を、該瞳上で光源の強度大となる領域を含む瞳の直径方向に沿って透過率大とし、光源の強度分布と瞳の透過率分布を露光中に光軸を中心として同期回転させることを特徴とする。

【0032】また本発明（請求項10）は、マスクのパターンを投影光学系を介してウェハ上に投影露光する投影露光装置において、マスクを照明する光源の強度分布を、光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とし、投影光学系の瞳の透過率分布を、該瞳上で光源の強度大となる4つの領域からなる矩形の辺方向又は対角線方向に透過率大とし、光源の強度分布と瞳の透過率分布を露光中に光軸を中心として同期回転させることを特徴とする。

### 【0033】

【作用】本発明（請求項1～3）によれば、光源強度分布として、光軸に対して点対称であり、且つ光軸から外れた4つの領域での強度が大なる照明方法にてパターン転写する場合、ハーフトーンマスク、自己整合型位相シフトマスク、シフターエッジ型位相シフトマスク等を用いることによって、全てのサイズのL/SパターンのDOF向上効果をさらに大きくすることが可能である。光源として単に4つ目フィルタを用いたのでは通常のCrマスクを用いた場合と同様、大きいL/Sパターンの焦点深度が小さいL/Sに比べて相対的に小さくなってしまう傾向があるが、上記各種位相シフトマスクを用いたことによって絶対値としての焦点深度を向上させることができる。

【0034】また、本発明（請求項4）によれば、光源として4つ目フィルタを用いると共に、投影光学系の瞳位置に露光光に対して透光性を有する基板を配置し、該瞳の周辺部に相当する基板の厚さ又は屈折率をその他の部分に対して異ならせることによって、パターンサイズに依存せず大きな焦点深度、限界解像力向上効果を得ることができる。これに加え、マスクにハーフトーンマスクや位相シフトマスクを用いことにより、上記効果をより大きくすることが可能である。

【0035】また、本発明（請求項5）によれば、光源としての特殊絞りが、輪帯照明フィルタと4つ目照明フィルタとの2種類のフィルタの構成を兼ね備えており、その結果、両者の欠点が打ち消し合い、パターンサイズと方向の依存性を実用上問題のないレベルまで低下させることができ、高い解像性能と焦点深度向上効果が得られる。

【0036】また、本発明（請求項6～8）によれば、前述した請求項1～3のように光源強度分布として、光軸に対して点対称且つ光軸から外れた4つの領域での強度が大なる照明方法にて転写する場合のL/Sパターンの焦点深度、限界解像力向上効果に加え、光源の中心付近の光源強度を大きくすることによって、孤立抜きパターンに対する焦点深度、解像力をも向上させることができる。その結果、チップサイズの大幅なショーリングを達成することが可能となる。

【0037】また、本発明（請求項9、10）によれば、露光装置の光源位置に光軸から偏心した位置にアバーチャを有するフィルタを配設して、マスクを斜めから照明する照明光学系とせしめることによって、偏心方向と直角な方向の長いL/Sパターンの高次回折光が投影光学系に入り、解像力が向上する。ここで、実際のLSIは様々な方向性を有しているために、上記方向以外のパターンより発生する高次回折光が瞳に入らず解像性が向上しない。従って、該フィルタの偏心方向を長手方向に合わせたスリットを瞳位置に配設するによって、上記方向以外のパターンより発生する回折光を積極的にカットする。さらに、該スリットと該フィルタを光軸を回転軸として360度同期回転しながら露光することによって、解像力のパターン方向性依存性を解消することができる。

【0038】また、光源位置に配設するフィルタとして、光軸から偏心し且つ光軸に対して互いに対称なる位置に1つずつ計2個のアバーチャを有するフィルタを用いることによって、上記露光方法と同じ解像力を有し且つ露光時間を半分にすることが可能である。さらに、光源位置に配設するフィルタとして、光軸に対して4回対称で且つ光軸から外れた4つの領域にて強度大とせしめるフィルタを用い、投影光学系の瞳位置に、例えば井桁状に透過率大とせしめるスリットフィルタを用いることによって、上記露光方法とほぼ同じ解像力を有し、且つ露光時間をさらに短縮することが可能である。

### 【0039】

【実施例】以下、本発明の詳細を図示の実施例によって説明する。

【0040】図1は本発明の第1の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図である。図1において、1はランプ（光源）、2は楕円反射鏡、3は楕円反射鏡2の第2焦点、4はインプットレンズ、5はオプチカルインターフェーラ、6はアウトプットレンズ、7はコリメーションレンズ、8はレチクル、9'は透過率に分布を有する特殊絞り、10はフィルタ、11、12はコールドミラー、13はランプハウス、14はレンズ、ミラー或いはその組み合わせによりレチクル8上のパターンの像をウェハ上に投影する投影光学系、15はウェハ、16は開口数を決定する絞りであり瞳と呼ばれている。光路長に分布を有するフィルタである。

【0041】光源のランプ1として水銀灯を使用し、g線436nm, h線405nm, i線365nm等の輝線、又はこれらの波長近辺の連続スペクトルを取り出して用いている。このため、光源のランプ1は高い輝度が必要であるとともに集光効率や照射均一性を考えると点光源に近い方がよい。しかし、実際にはそのような理想的な光源は存在しないため、有限の大きさでしかも強度に分布を持つランプ1を使用せざるを得ず、そのようなランプ1から発せられる光をいかに高効率で、且つ照射均一性の良い光に変換するかが課題となる。

【0042】図1に示した装置では、楕円反射鏡2の第1焦点にランプ1を置き、楕円反射鏡2の第2焦点3付近に一旦光束を集め。そして、第2焦点3とほぼ焦点位置を共有するインプットレンズ4により光束をほぼ平行光束に直し、オプチカルインテグレータ5に入れる。オプチカルインテグレータ5は多数の棒状レンズを束ねたもので、はえの目レンズとも称される。このオプチカルインテグレータ5を通すことが照射均一性を高める主因となっており、インプットレンズ4はオプチカルインテグレータ5を通る光線のケラれを少なくして集光効率を高める役目をなす。

【0043】オプチカルインテグレータ5を出た光は、アウトバットレンズ6及びコリメーションレンズ7によって、オプチカルインテグレータ5の各小レンズから出た光束がレチクル8上に重畠して当たるよう集光される。オプチカルインテグレータ5に入射された光線は場所による強度分布を有するが、オプチカルインテグレータ5の各小レンズから出る光がほぼ等しく重畠される結果、レチクル8上では照射強度がほぼ均一となる。当然のことながらオプチカルインテグレータ5に入射する光の強度分布が均一に近ければ、出射光を重畠させたレチクル8の照度分布はより均一になる。オプチカルインテグレータ5の出射側には、後述する特殊絞り9'が配置され、オプチカルインテグレータ5の出射側寸法を決めている。

【0044】ランプ1として水銀灯を用いて楕円反射鏡2で集光する場合、水銀灯の構造が図1に示すように縦長であり両端が電極となっているため、ランプ1の軸方向の光線を取り出すことができない。そのため、図1に示すように、インプットレンズ4として凸レンズを使用したのみではオプチカルインテグレータ5の中心部に入る光の強度分布が落ちる場合がある。そこで、インプットレンズ4とオプチカルインテグレータ5との間に両凸又は片凸片凹の円錐レンズを挿入し、オプチカルインテグレータ5に入る光の強度分布をより一様にする場合もある。

【0045】フィルタ10は光学系が収差補正されている波長の光だけを通すためのものであり、コールドミラー11, 12は光路を曲げて装置の高さを低くすると共に、長波長光熱線を透過させてランプハウス13の冷却

可能部分に吸収させる役目を担う。レチクル8を照射した光は投影光学系14を通り、レチクル8上の微細パターンの像がウェハ15上のレジストに投影露光転写される。

【0046】図2は、本実施例装置で用いる特殊絞り9'としての4つ目フィルタ20の開口パターンを示す平面図である。この図において斜線部が遮光部23を示し、4つの円形開口部（光透過部）22が光軸21に対して4回対称であり、且つ光軸からはずれた位置にそれぞれ配置されている。また、マスク8としては、後述するハーフトーンマスクを用いた。

【0047】図3には、本実施例における4つ目フィルタでの露光におけるパターンサイズに対するフォーカスマージンを計算した結果を示す。点線が通常照明（ $\sigma$ 値0.6）によって通常のCrマスクを転写した場合、実線が4つ目照明にて通常のCrマスクを用いた場合の露光、一点鎖線が4つ目照明を行って更にハーフトーンマスクを用いた場合（本実施例）の露光である。なお、露光装置のNAは0.55、露光波長は365nmである。

【0048】4つ目照明を行い、更にハーフトーンマスクを用いることによって、全ての線幅での焦点深度が一様に向かっていることが分かる。 $L/S = 0.4 \mu m$ 付近での最大の焦点深度を有すること、 $L/S = 0.7 \mu m$ 付近で焦点深度が極小となることについては、通常のCrマスクを用いた場合と同じであるが、絶対値としての焦点深度が向かっているために、 $L/S$ サイズの大きなパターンにおいても実用上十分な焦点深度が得られている。

【0049】図4～図6は、本実施例装置で用いるマスク8を説明するための図である。図4(a)にはハーフトーンマスクの典型的な断面構造を示し、図4(b)には光振幅分布を示し、図4(c)には光強度分布を示した。ハーフトーンマスクは透光性基板30（通常はSiO<sub>2</sub>）上に、露光光に対して半透明（1% ≤ 振幅透過率 ≤ 30%）の膜31によってLSIパターンが形成されている。半透明膜31の膜厚は該膜の透過光32の位相が基板透過光33の位相に対して、

$$180 \times (2n + 1) \text{ 度} \pm 30 \text{ \%} : n \text{ は整数}.$$

【0050】の関係を満たすように制御されている。基板透過光33はウェハ上では回折して広がり図4(b)に示すBのようなプロファイルとなるが、半透明膜31を透過する光32はウェハ上では逆位相となるため（プロファイルA）、干渉して弱め合い像コントラストを向上させる（プロファイルC）。

【0051】また、上記実施例では、4つ目照明フィルタによってハーフトーンマスクを露光すると効果が大きいことを示したが、他の位相シフトマスク、例えばシフターエッジ型位相シフトマスクや自己整合型位相シフトマスクを用いても、同様に大きな効果が生じる。図5に

は、シフターエッジ型位相シフトマスクの典型的な断面構造を示した。シフターエッジ型位相シフトマスクは透光性基板30(通常はSiO<sub>2</sub>)上に、露光光に対して透明な物質34(SiO<sub>2</sub>)によってLSIパターンが形成されている。この透明膜34の膜厚は、透過光35の位相が基板透過光33の位相に対して、

180×(2n+1)度±30(%) : nは整数、

【0052】の関係を満たすように制御されている。基板透過光33と、透明膜34を透過する光35はウェハ上では逆位相となるため、透明膜34のエッジ部に相当する部分が干渉して弱め合い暗部を形成する。透明膜34の線幅が小さいので2つのエッジ部での暗部が重なり合って1つの暗部を形成する。

【0053】また、図6には、自己整合型位相シフトマスクの典型的な断面構造を示した。自己整合型位相シフトマスクは透光性基板30(通常SiO<sub>2</sub>)上に、露光光に対して不透明な物質36(Cr等)によってLSIパターンが形成されている。この不透明膜36の周囲に露光光に対して透明な物質(SiO<sub>2</sub>等)によって位相シフタ37を設ける。この位相シフタ37の膜厚は透過光38の位相が基板透過光33の位相に対して、

180×(2n+1)度±30(%) : nは整数、

【0054】の関係を満たすように制御されている。本実施例では上記のような構造によって上記光学的原理を達成するようにしたが、この構造は本発明を限定するものではなく、上記光学的原理を達成する他のマスク構造でも構わない。

【0055】このように本実施例によれば、光源形状を決定するために図2に示すような4つ目フィルタ20を用い、マスク8として図4～6に示すような各種位相シフトマスクを用いることにより、全てのサイズのL/SパターンのDOF向上効果を大きくすることができる。このため、L/Sパターンのサイズが大きい場合であっても焦点深度を十分大きくすることができ、パターン露光精度の向上をはかることが可能となる。

【0056】次に、本発明の第2の実施例について説明する。この実施例は、4つ目+瞳フィルタを利用したものである。光源形状を決定するための4つ目フィルタは前記図2に示すものと同様であり、これに加えて本実施例では、図1に示す投影光学系14の瞳位置16に図7に示すような位相フィルタ40を配置している。

【0057】図7(a)の位相フィルタは、光軸41に対して回転対称な円盤形であり、直径が瞳直径に相当している。材質は露光光に対して透光性を有するものであり、例えばSiO<sub>2</sub>を用いる。内径r、幅dの輪帯領域42ではそれ以外の領域43よりもtだけ板厚が厚くなっている。即ち、領域42を通過する光の光路長が領域43のそれよりも長くなることを意味している。この光路長の差は光の位相差を生じせしめる。r、d及びtは焦点深度を向上したい線幅、4つ目フィルタの位置等に

依存して決定される。また、この実施例では図7(a)で示した厚さ分布を有する位相フィルタを用いたが、本発明を限定するものでなく、焦点深度を向上させたい線幅、線種によって、位相フィルタの形状は変わり得る。

【0058】また、図7(b)に示す位相フィルタも前記位相フィルタと同様の効果を生じせしめる。図7(a)との違いは、内径r、幅dの輪帯領域42ではそれ以外の領域43よりもtだけ板厚が薄くなっていることである。即ち、領域42を通過する光の光路長が領域43のそれよりも短くなっていることを意味している。光路長の差によって生じる光の位相差は2πを1周期としているため、図7(a)(b)いずれの構造においても、所望の位相差を得ることが可能である。

【0059】図8には、4つの開口部を有する4つ目フィルタ20及び位相フィルタ40を用いた露光におけるパターンサイズに対するフォーカスマージンを計算した結果を示す。点線が通常露光(4つ目フィルタのみによる露光)、実線が通常のCrマスクを用いた場合の本実施例による露光(4つ目フィルタ+瞳フィルタ)で、一点鎖線がハーフトーンマスクを用いた場合の本実施例による露光(4つ目フィルタ+瞳フィルタ+ハーフトーンマスク)である。なお、露光装置のNAは0.55、コヒーレンスファクタは0.6、露光波長入は365nmである。

【0060】位相フィルタ40を瞳位置に挿入した場合、L/S≥0.65μmで焦点深度向上効果が大きくなり、4つ目照明のみで露光した場合の問題点を解決していることが分かる。さらに、図4で示したハーフトーンマスクを用いると、更に効果が大きいことが分かる。

30 また、図5、図6で示した自己整合型マスク、シフタエッジを用いても同様に効果が大きい。また、瞳関数の振幅透過率が100%であるため、スーパーフレックス法の問題の一つ、即ちフィルタが露光光を吸収して熱となり、光学系が熱膨張を起こし、転写精度を劣化させると言う問題は生じない。次に、本発明の第3の実施例について説明する。この実施例は、4つ目+輪帯フィルタを利用したものである。

【0061】本実施例における図1に示す2次光源面の特殊絞り9'の形状は、図9に示すようになっており、41 51は光軸、52は光透過部、53は遮光部である。これは、光軸を中心とした動径方向に対して広い領域を持った円形光透過部A、B、C、Dが動径方向に対して狭い領域を持ったリング状の光透過部Eによって結ばれている。

【0062】また、図9では全て曲線からなる境界によって構成したが、必ずしも曲線である必要はなく、図10に示す第2の形状を特殊絞り9'としてもよい。さらに、特殊絞り9'の第3の形状は図11に示す形状としても本発明の範囲を逸脱するものではない。図11の形状の特徴は、動径方向に対して広い領域の部分が均一な

幅になっておらず、さらにその接続が断続的になっている点にある。図11ではア～タまでが光透過部である。【0063】また更に、上記の図9～図11に示した実施例の形状において、光透過部52の光透過率は必ずしも100%でなくともよく、場合によっては、全領域において同一の透過率である必要もない。また、点対称である必然性もない。この実施例において、光透過部52の配置及び占有面積は所望のパターンの解像性能と寸法精度によって適宜変更することが可能である。

【0064】図12、13は、図9に示した特殊フィルタを用いて露光した場合の露光特性を示している。図12は縦横のL/Sパターンに対する特性、図13は斜めL/Sパターンに対する特性を示している。縦軸は、レジストコントラストを70%とした場合の焦点深度、横軸はL/Sのパターンサイズを示している。

【0065】実デバイスパターン転写に必要な焦点深度を1.5μmとすると、この必要焦点深度を確保できるL/Sパターンサイズは図12より、従来例で示した4つの開口を有する特殊フィルタを用いた場合に比べて殆ど劣化しない。即ち、従来例の場合はL/S≥0.3μmであるのに対して、本実施例ではL/S=0.32μmとなる。

【0066】一方、図13に示す斜めのL/Sパターンでは、従来例による露光によると、必要焦点深度を確保できるパターンサイズはL/S≥0.7μmであり、斜めL/Sは非常に太く設計する必要があるのが分かる。これに対して、本実施例による露光では、L/S≥0.55μmで必要焦点深度を確保することができ、通常露光の場合(L/S≥0.5μm)に比べても遜色がない。つまり、本実施例によると、縦横方向の露光特性は、従来の4つのアーチャマスクを有する特殊フィルタを用いた場合の優れた解像特性を保ちつつ、斜めL/Sにおいてもそれほど解像特性を劣化させず、斜めL/Sパターンの大幅な設計ルール縮小を可能とした。

【0067】図9の特殊フィルタの円形開口部A B C Dの半径、中心位置、リング状領域Eの幅、内径、外径によって図12、13に示す特性が変化する。必要に応じて最適化する必要がある。

【0068】このように本実施例によれば、4つ目+輪帯を有する特殊フィルタの使用により高い解像性能と焦点深度向上効果があり、しかも従来得られなかつたパターンサイズと方向に対する効果の依存性を実用上問題のないレベルに低下させる効果がある。また、マスクとして図4～6に示したハーフトーンマスク、自己整合型マスク、シフタエッジ型マスクを用いると、更に焦点深度増大効果が大きい。

【0069】次に、本発明の第4の実施例について説明する。この実施例は、5つ目フィルタ及び5つ目フィルタにハーフトーンマスクを併用したものである。基本的には第1の実施例と類似しており、2次光源としての5

つ目フィルタ60は、図14に示すようになっており、61は光軸、62は光透過部、63は遮光部である。光軸61に対して4回対称であり且つ光軸から外れた4つの開口部A、B、C、Dに加え、光軸51付近に開口Eを有する。

【0070】このようなフィルタ60を用いて、通常のCrマスク、及びハーフトーンマスクを露光した結果を、図15、16に示す。図15は、ラインとスペースの比率が1:1のL/Sパターンに対する解像度及び焦点深度向上効果を示している。横軸はパターンサイズ、縦軸は焦点深度(DOF)を示している。なお、露光波長は365nm(i-line)、投影光学系のNAは0.55である。

【0071】このようにL/Sパターンにおいては、5つ目照明露光による焦点深度向上効果は、4つ目照明露光に比べて低下する。しかし、焦点深度1.5μmを確保できる最小線幅は、4つ目照明露光の場合と殆ど同じであり、チップサイズのシュリンクには何等悪影響を及ぼさない。また、ハーフトーンマスクを用いることによって、焦点深度増大効果を更に大きくすることができる。

【0072】図16は、孤立抜きパターンのパターンサイズに対する焦点深度を計算した結果を示している。4つ目照明によって露光した場合に比べて、5つ目照明露光とすることによって焦点深度が向上していることが分かる。さらに、ハーフトーンマスクを用いることによって、更に焦点深度が向上していることが分かる。焦点深度1.5μmを確保できる抜き線幅は、4つ目照明による通常Crマスク露光の場合が0.45μmであるのに対し、5つ目照明によるハーフトーンマスク露光では0.41μmまで細くすることが可能であることが分かる。また、開口の大きさを最適化することによって、更に焦点深度を向上させることができることである。

【0073】つまり、5つ目照明露光とすることによって、1:1のL/Sの最小線幅を細く(0.3μm程度)設計できるという4つ目照明露光の長所を有したまま、孤立抜きパターンの抜き線幅をより細く設計することが可能となつた。この結果、LSIパターン内に数多く存在するスペース幅に対してライン幅が太い所謂孤立抜き的パターンの抜き線幅をより細く設計することが可能となり、チップサイズの大幅なシュリンクを達成することが可能となつた。

【0074】なお、本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。実施例においては、4つ目照明及び5つ目照明を達成する手段として、図2、図4に示した特殊絞りを用いたが、本発明を限定するものではなく、他にファイバ等を用いて4つ目照明及び5つ目照明を達成することが可能である。

【0075】次に、本発明の第5の実施例について説明

する。図17は本発明の第5の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図である。光源71から発生した光は、第1集光光学系72によって集光され、均一化光学系73へと導かれる。均一化光学系73は光ファイバや多面体プリズム等が使用されることもある。均一化光学系73を出た光は結像し2次光源を形成する。この2次光源位置に、光軸から偏心した位置にアーチャ81を有するフィルタ4（以下、偏心1つ目フィルタと称す）を設置する。露光光はこのアーチャ81の部分のみを通過し、第2集光光学系75を通してレチクル76を照明する。

【0076】レチクル76を通過した露光光は、投影光学系77によってウェハ79上に達する。投影光学系77内に存在する瞳78は通常は円形開口であるが、本実施例では図示の通り瞳位置にスリット状のフィルタ（以下、瞳スリットフィルタと称す）が設置されている。このスリットの長手方向は、偏心1つ目フィルタ74の偏心方向と同じである。この偏心1つ目フィルタ74と瞳スリットフィルタ78は、前記記載の位置関係を維持したまま、同期回転制御回路80及び図示しないモータ等により同期回転可能である。1回の露光は同期回転制御回路80にて偏心1つ目フィルタ74と瞳スリットフィルタ78を360度回転することによって終了する。

【0077】図18には、本実施例の投影露光装置での露光におけるバターンサイズに対するフォーカスマージンを計算した結果を示す。点線が通常露光（ $\sigma=0$ 、6）、実線が通常のC型マスクを用いた場合の実施例による露光である。なお、露光装置のNA、コヒーレンスファクタ $\alpha$ 、露光波長 $\lambda$ はそれぞれ0.55、0.6、365nmである。図18の結果はL/Sの方向には依存しない。従って本実施例は前述した問題点を解決し、L/Sの方向依存性をなくし、しかも通常露光に比べて飛躍的な焦点深度増大を達成していることが分かる。また、アーチャ81の中心の光軸からの偏心距離を大きくするほど細かいL/Sの焦点深度が向上する。

【0078】このように本実施例によれば、露光装置の2次光源位置に光軸から偏心した位置にアーチャ81を有するフィルタを配設して、マスク76を斜めから照明する照明光学系とことによって、偏心方向と垂直な方向に長いL/Sバターンの高次回折光が投影光学系77に入り、解像力が向上する。しかも、フィルタの偏心方向を長手方向に合わせたスリットを瞳位置に配設することによって、上記方向以外のバターンより発生する回折光を積極的にカットし、さらにスリットとフィルタを光軸を回転軸として360度同期回転しながら露光することによって、解像力のバターン方向依存性を解消することができる。

【0079】また、本実施例によれば、瞳スリットフィルタ78として、図19に示すように0次回折光を減衰させるための半透明部を設けることによって、さらに解

像度向上がはかれる。図19のように偏心1つ目フィルタ74から出た光は、マスク76を斜めから照明する。1:1のL/Sバターンの場合、マスク76の透過光は回折して主に±1次回折光、0次回折光に分かれる。0次光は直進して瞳スリットフィルタ78のa点に到達する。また、+1次回折光はb点に達する。-1次回折光は瞳に入らず、結像に関与しない。0次光は+1次回折光に平べて大きいので、半透明膜85によって減衰させることによって、より解像度を上げることが可能である。本実施例では半透明膜85を用いたが、0次光のみを減衰させる手段であればよい。

【0080】図20は本発明の第6の実施例を示す概略構成図である。なお、図17と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。本実施例と第5の実施例とが異なる点は、2次光源に装着する光源フィルタの形状である。

【0081】即ち、本実施例での光源フィルタは光軸を挟んで対象なる位置に2つのアーチャ81、82を設けている（以下、2つ目フィルタと称す）。本実施例によると、解像特性は第5の実施例と同じであるが、1回の露光が同期回転制御回路80にて2つ目フィルタ74と瞳スリットフィルタ78を180度回転することによって終了することが異なる。第5の実施例のアーチャ81からの光量と、本実施例での1つのアーチャからの光量が等しければ、アーチャが2つになり回転角度が半分になるため、露光時間を半分にすることができる。

【0082】図21は本発明の第7の実施例を示す概略構成図である。なお、図17と同一部分には同一符号を付して、その詳しい説明は省略する。本実施例と第6の実施例とが異なる点は、2次光源に装着する光源フィルタの形状と瞳位置に装着するフィルタの形状である。

【0083】即ち、本実施例での光源フィルタは光軸に対して4回対称の位置に4つのアーチャ81、82、83、84を設けている（以下、4つ目フィルタと称す）。また、瞳位置のフィルタは井桁状の開口を有している（以下、瞳井桁フィルタと称す）。なお、瞳位置のフィルタの形状としては、瞳位置における4つ目を接続する開口であればよく、上記の井桁のように4つ目からなる矩形の辺方向に沿って開口を設けたもの、或いは4つ目の対角線方向に開口を設けたもの（この場合は十字型開口となる）であってもよい。

【0084】本実施例によると解像特性は第5の実施例とほぼ同じであるが、1回の露光が同期回転制御回路80にて4つ目フィルタと瞳井桁フィルタを90度回転することによって終了することが異なる。第5の実施例のアーチャからの光量と、本実施例での1つのアーチャからの光量が等しければ、アーチャが4つになり回転角度は1/4になるため、露光時間を1/4にすることができる。

【0085】上記第5～第7の実施例においては、投影光学系の瞳位置にスリット状の或いは井桁状のフィルタを設置するが、このフィルタの遮光部分では露光光が吸収され熱に変わり、光学系を劣化させ、転写精度に大きく影響を及ぼすという問題が生じる。図22は、特に第5と第6の実施例での上記問題を解決するための瞳フィルタの具体的構成を示している。図は瞳スリットフィルタについての構成図である。91はスリット、92は傾斜を有したミラーである。露光光が上から該瞳スリットフィルタに入射すると、傾斜したミラー92に入射した露光光は吸収されることなく反射される。反射された露光光は光学系の外へ導かれ、光学系の外に配設された吸収体によって吸収される。従って、露光光は光学系の中で熱に変わることがないので転写精度を劣化させることもない。

【0086】また、第5～第7の実施例において、マスクとしてハーフトーン位相シフトマスクを適用することによって、さらに焦点深度及び解像力を向上させることができるとなる。図18の1点鎖線が上記3つの実施例に加えハーフトーンマスクを用いて転写した場合の転写特性を示している。通常のCrマスクを用いた場合に比べて焦点深度が向上していることが分かる。

【0087】また、上記の例では、4つ目照明フィルタと位相フィルタによってハーフトーンマスクを露光すると効果が大きいことを示したが、他の位相シフトマスク、例えばシフタエッジ型位相シフトマスク、自己整合型位相シフトマスクを用いても同様に大きな効果が得られる。さらに、上記光学的原理を達成する他のマスク構造でも構わない。

【0088】また、第5～第7の実施例では、2次光源の形状を決定するために光軸から偏心した少なくとも1つのアバーチャを有するフィルタを用いたが、本発明を限定するものではなく、ファイバ等の他の方法を用いてもよい。

#### 【0089】

【発明の効果】以上詳述したように本発明（請求項1～3）によれば、2次光源として4つ目フィルタを用い、且つマスクとしてハーフトーンマスク、自己整合型位相シフトマスク、シフタエッジ型位相シフトマスク等を用いることによって、L/Sパターンのサイズが大きい場合にあっても焦点深度を十分大きくすることができ、露光精度の向上をはかることができる。

【0090】また、本発明（請求項4）によれば、2次光源として4つ目フィルタを用いると共に、投影光学系の瞳位置に位相フィルタを配置することによって、パターンサイズに依存せず大きな焦点深度、限界解像力向上効果を得ることができる。これに加え、マスクにハーフトーンマスクや位相シフトマスクを用いことにより、上記効果をより大きくすることが可能である。

【0091】また、本発明（請求項5）によれば、2次

光源として、輪帯照明フィルタと4つ目照明フィルタとの2種類のフィルタの構成を兼ね備えた特殊絞りを用いることにより、パターンサイズと方向の依存性を実用上問題のないレベルまで低下させることができ、高い解像性能と焦点深度向上効果が得られる。

【0092】また、本発明（請求項6～8）によれば、前述した請求項1～3のように2次光源として4つ目フィルタを用いて露光する場合のL/Sパターンの焦点深度、限界解像力向上効果に加え、2次光源の中心付近の光源強度を大きくすることによって、孤立抜きパターンに対する焦点深度、解像力をも向上させることができ。その結果、トップサイズの大幅なシュリンクを達成することが可能となる。また、本発明（請求項9、10）によれば、偏心したアバーチャを有する2次光源と瞳フィルタを同期回転することにより、パターンの方向によらず、焦点深度を十分大きくすることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図、

【図2】第1の実施例における4つ目フィルタの構成を示す平面図、

【図3】第1の実施例におけるL/SサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図4】ハーフトーンマスクの典型的な断面構造を示す図、

【図5】シフタエッジ型位相シフトマスクの典型的な断面構造を示す図、

【図6】自己整合型位相シフトマスクの典型的な断面構造を示す図、

【図7】第2の実施例に用いた位相フィルタの概略構成を示す斜視図、

【図8】第2の実施例におけるL/SサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図9】第3の実施例に用いた輪帯を有する4つ目フィルタの構成を示す図、

【図10】輪帯を有する4つ目フィルタの別の例を示す図、

【図11】仮想的な輪帯を有する4つ目フィルタの構成を示す図、

【図12】第3の実施例における縦横L/SサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図13】第3の実施例における斜めL/SサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図14】第4の実施例に用いた5つ目フィルタの構成を示す図、

【図15】第4の実施例におけるL/SサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図16】第4の実施例における抜きパターンサイズとDOFとの関係を示す特性図、

【図17】第5の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図、

【図18】第5の本実施例におけるL/SサイズとDO Fとの関係を示す特性図、

【図19】第5の実施例の作用を説明するための模式図、

【図20】第6の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図、

【図21】第7の実施例に係わる投影露光装置を示す概略構成図、

【図22】発熱を抑えた瞳フィルタの具体的構成例を示す斜視図、

【図23】従来の投影露光装置を示す概略構成図、

【図24】従来装置の問題点を説明するための図、

【図25】開口絞りの代わりに用いるフィルタの例を示す図、

【図26】従来装置におけるバターンサイズと焦点深度との関係を示す特性図、

【図27】4つ目フィルタとL/Sの方向との関係を示す図、

【図28】4つ目フィルタとL/Sの方向との関係を示す図、

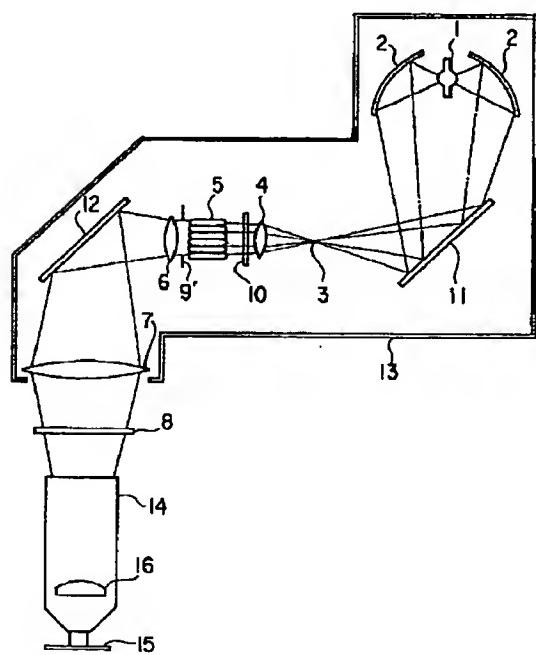
\* す図、

【図29】L/Sに対して45度の方向性を有する場合のバターンサイズと焦点深度との関係を示す特性図。

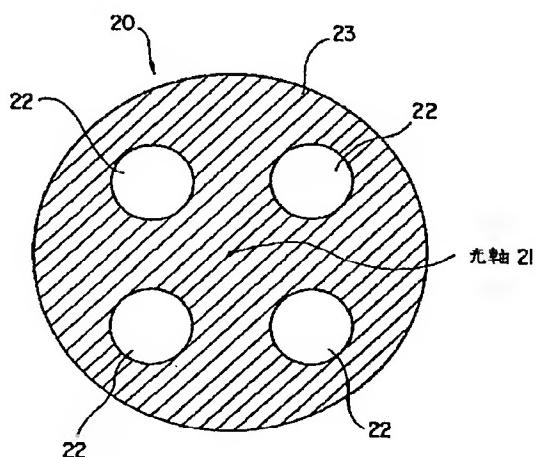
【符号の説明】

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1…ランプ、            | 2…橢円反射鏡、          |
| 3…橢円反射鏡2の第2焦点、    | 4…インプットレンズ、       |
| 5…オプチカルインテグレータ、   | 6…アウトプットレンズ、      |
| …コリメーションレンズ、      | 7…コリメーションレンズ、     |
| 8…レチクル(マスク)、      | 9'…特殊絞り、          |
| 10…フィルタ、          | 11, 12…コールドミラー、   |
| 13…ランプハウス、        | 14…投影光学系、         |
| 14…ウエハ、           | 15…瞳フィルタ、         |
| 15…遮光部、           | 16…4つ目フィルタ、       |
| 16…透光性基板、         | 17…光軸、            |
| 17…透明膜、           | 18…不透明膜、          |
| 18…位相シフタ、         | 19…位相フィルタ(瞳フィルタ)、 |
| 19…輪帶を有する4つ目フィルタ、 | 20…4つ目フィルタ、       |
| 20…5つ目フィルタ、       | 21…5つ目フィルタ、       |
| 21…5つ目フィルタ、       | 22…5つ目フィルタ、       |
| 22…5つ目フィルタ、       | 23…5つ目フィルタ、       |

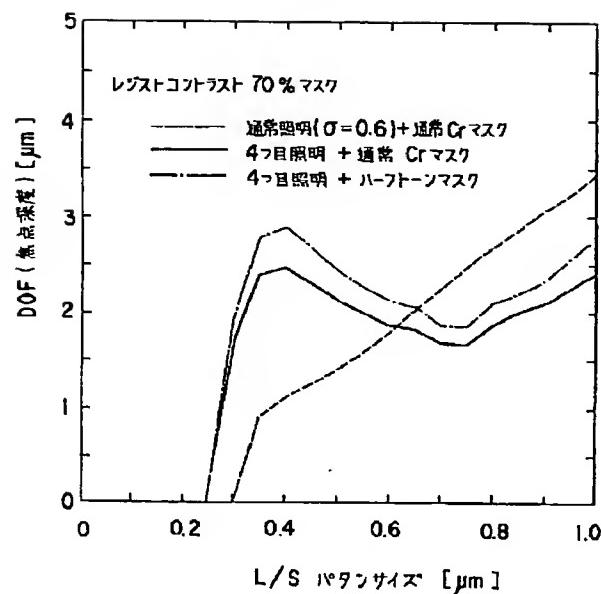
【図1】



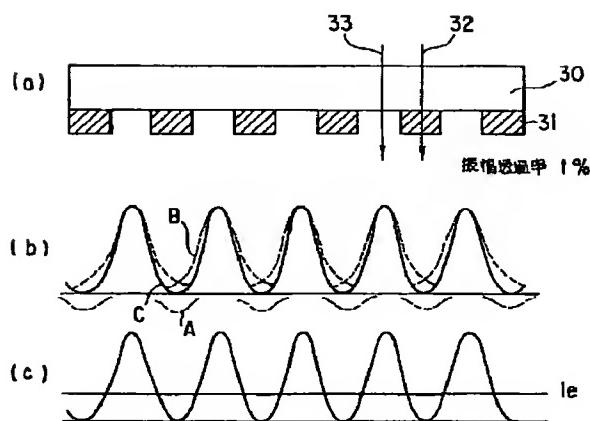
【図2】



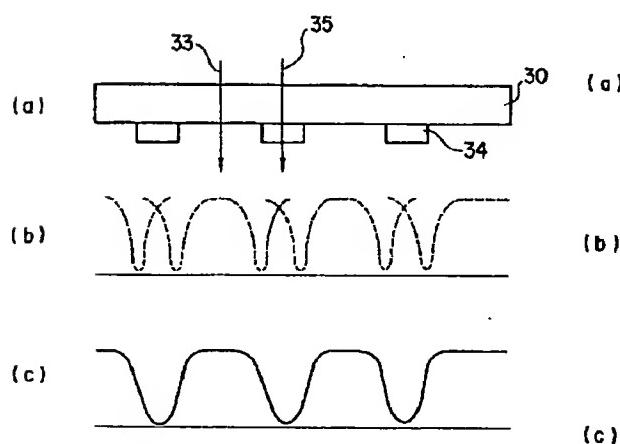
【図3】



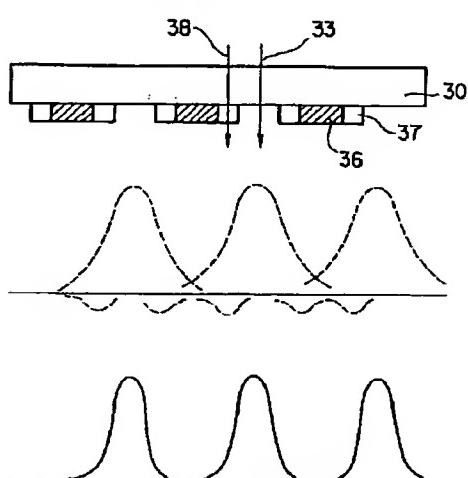
【図4】



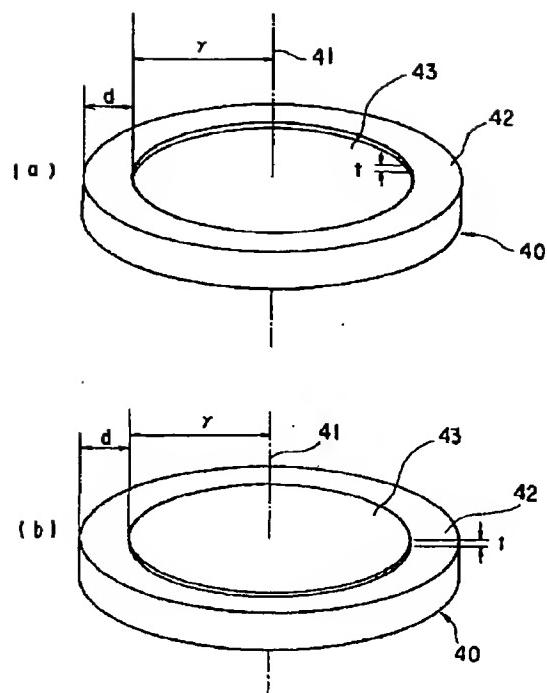
【図5】



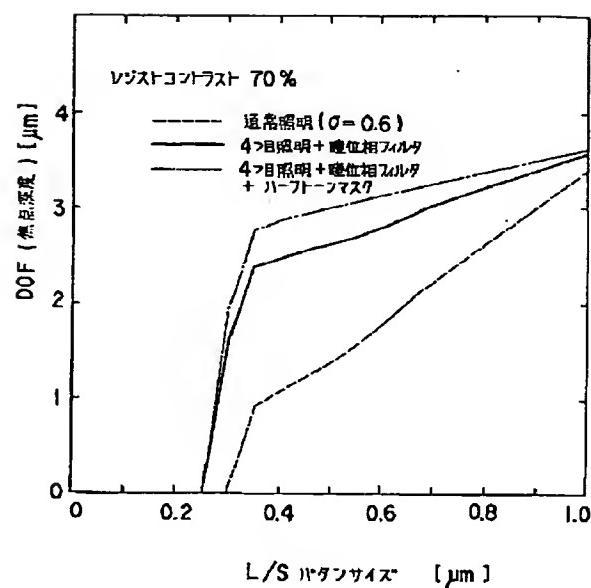
【図6】



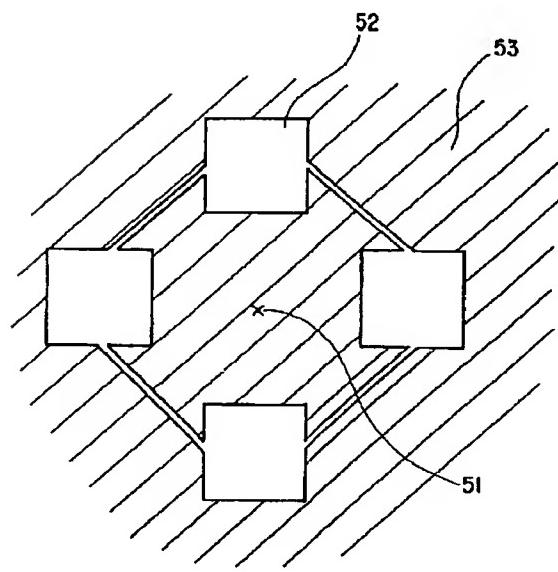
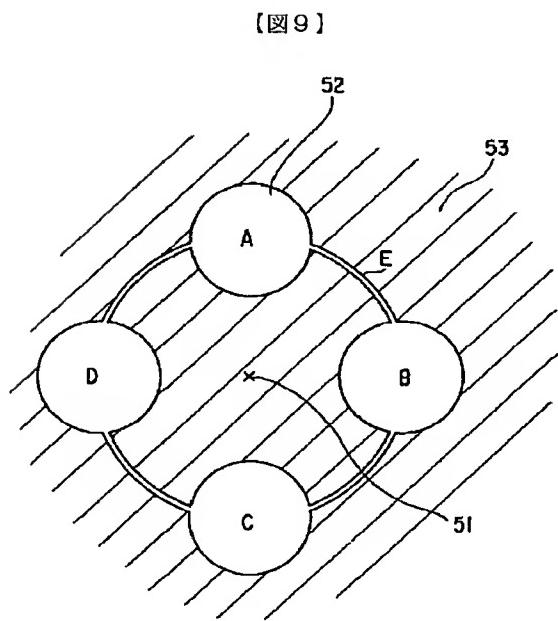
【図7】



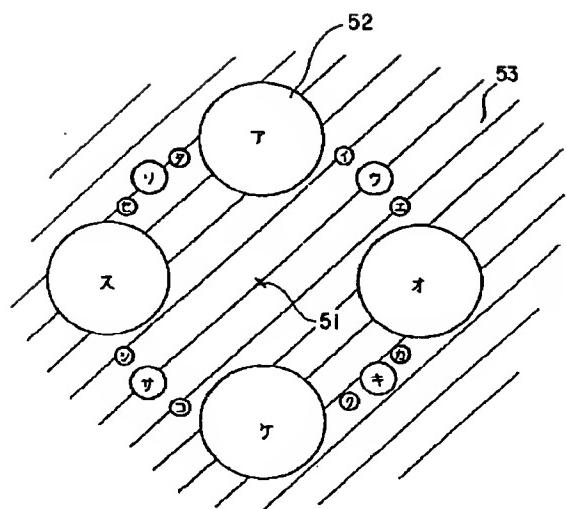
【図8】



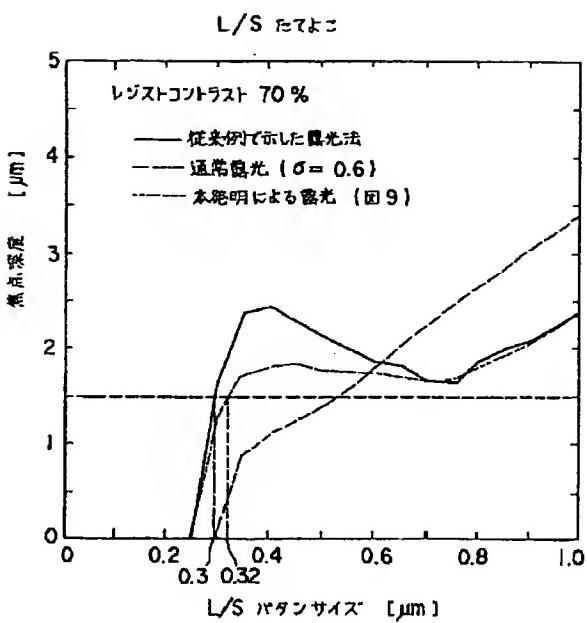
【図10】



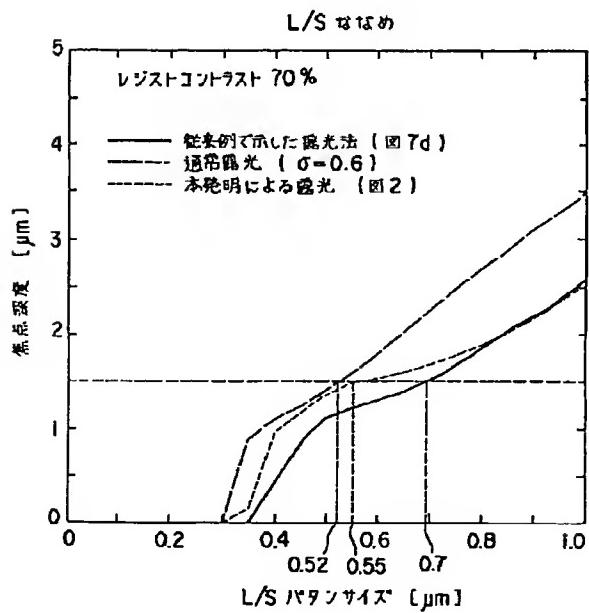
【図11】



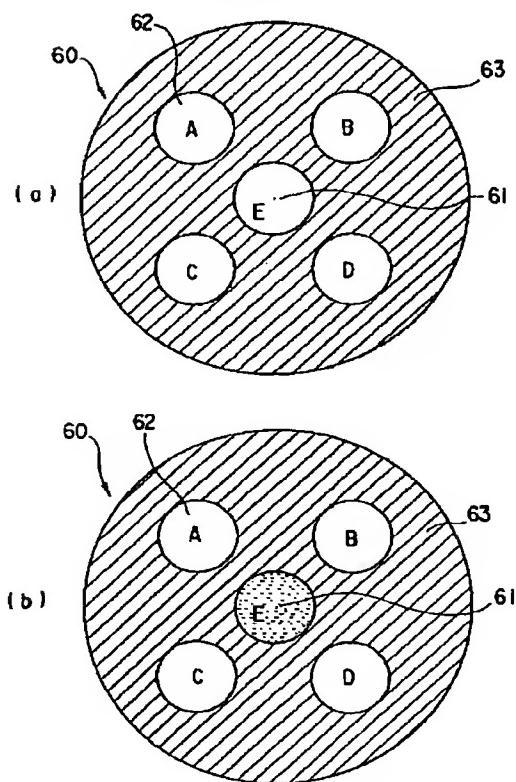
【図12】



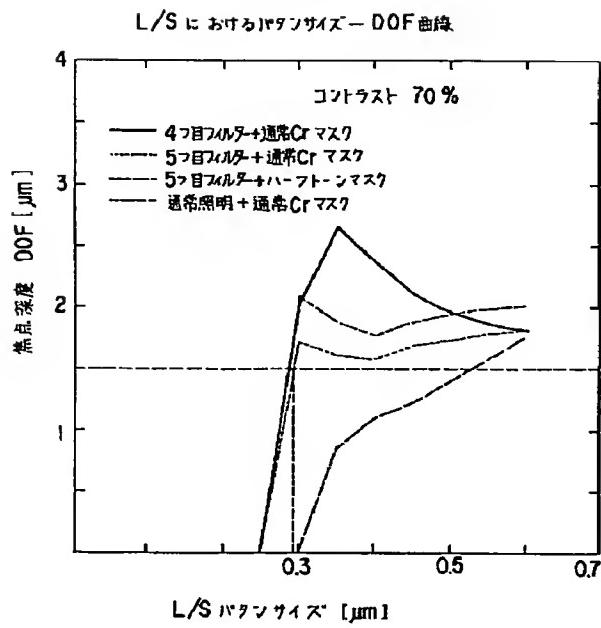
【図13】



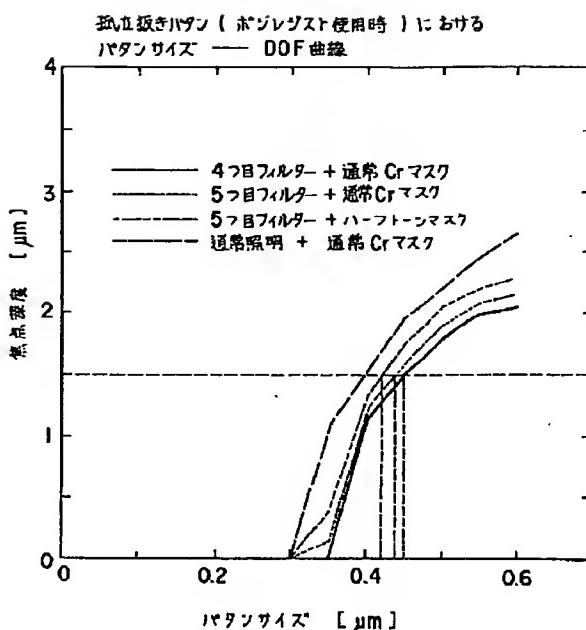
【図14】



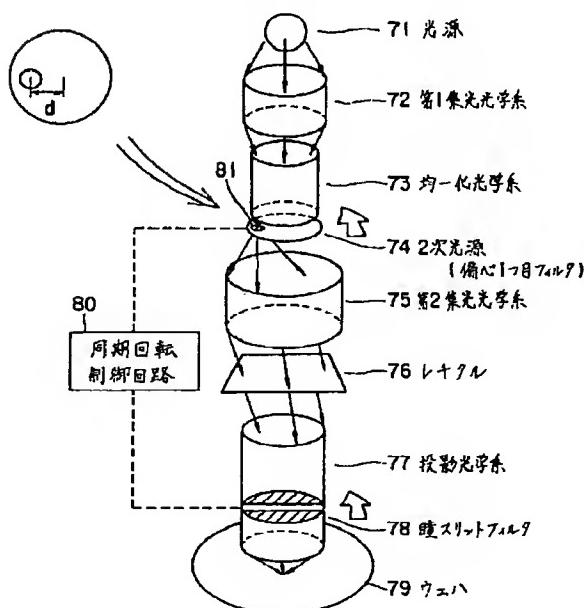
【図15】



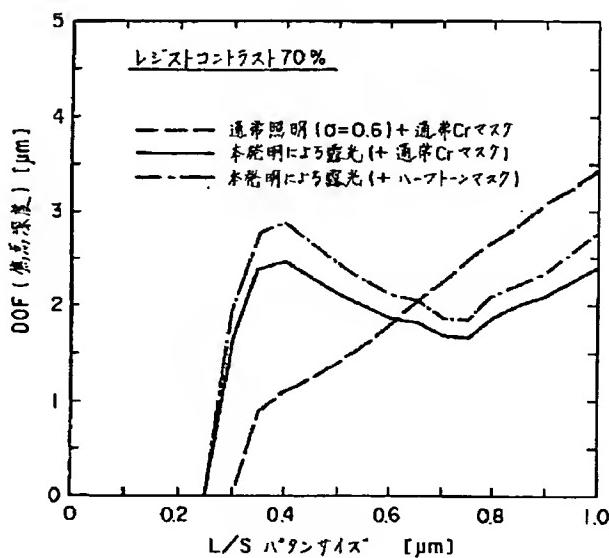
【図16】



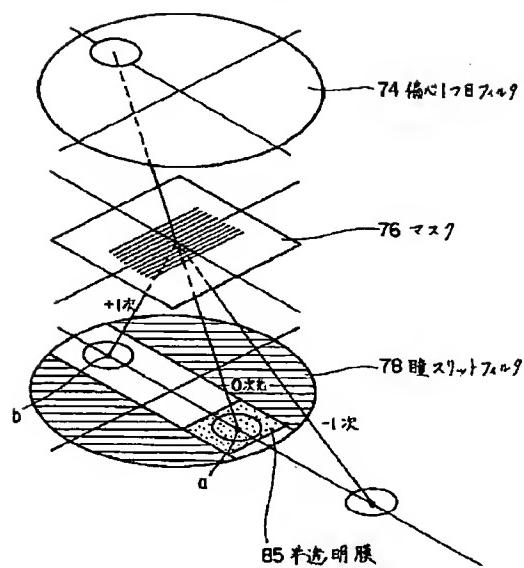
【図17】



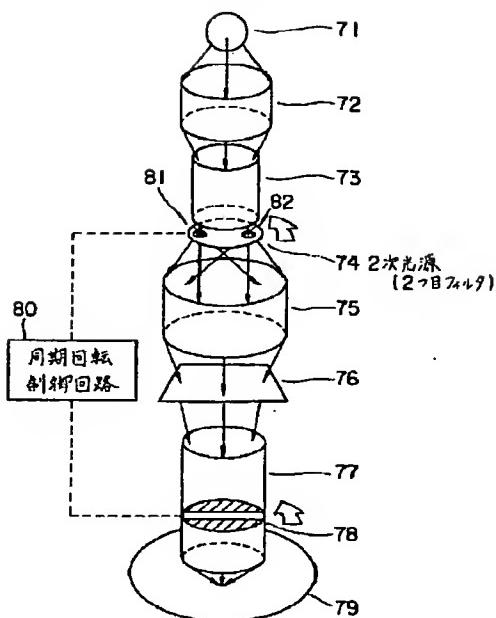
【図18】



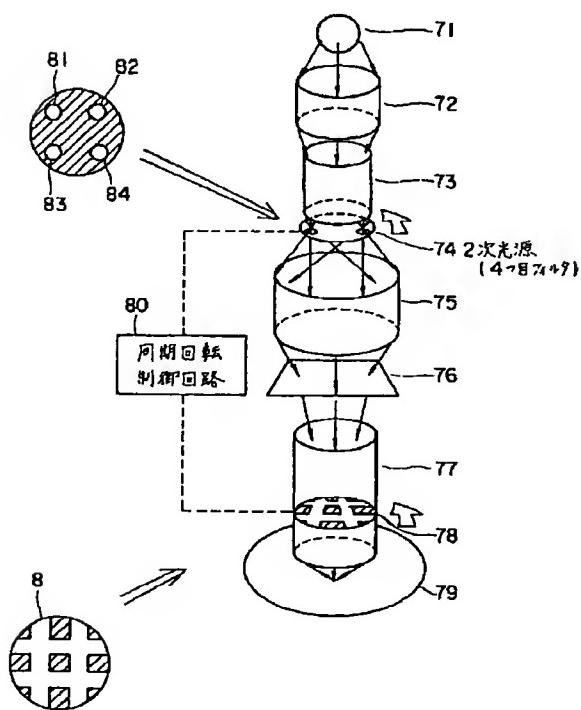
【図19】



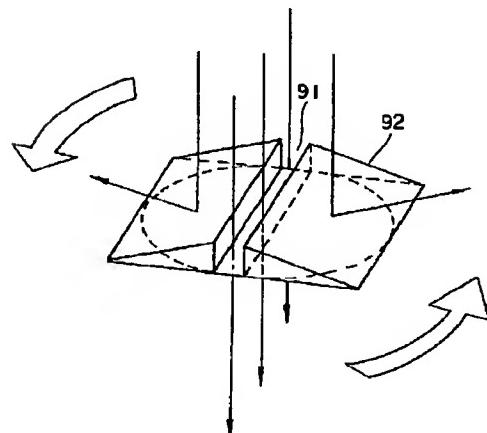
【図20】



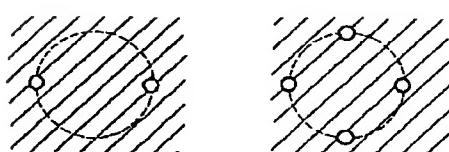
【図21】



【図22】



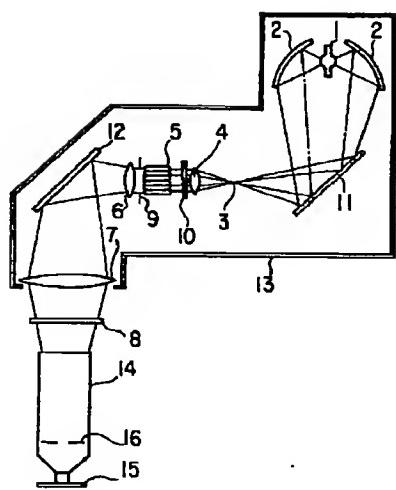
【図25】



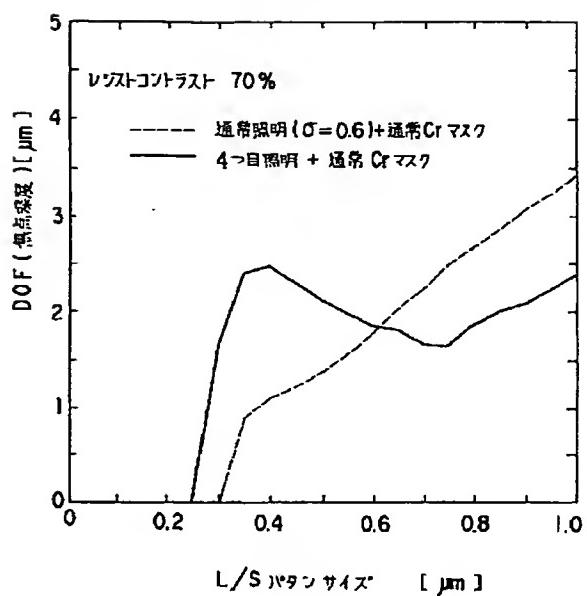
(a)

(b)

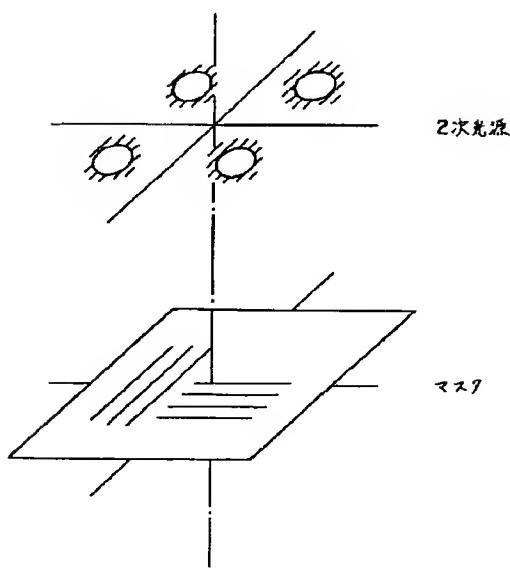
【図23】



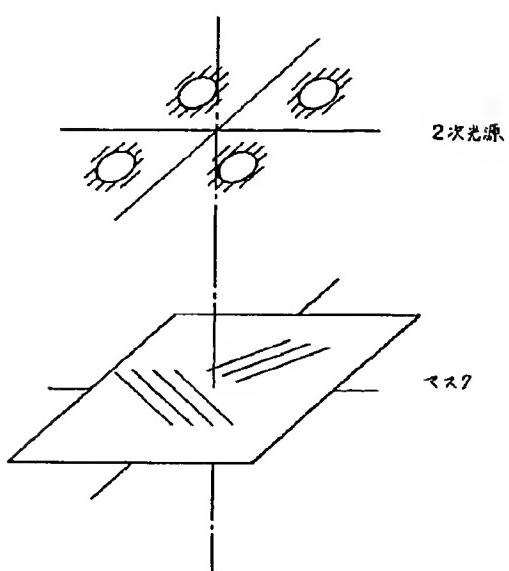
【図26】



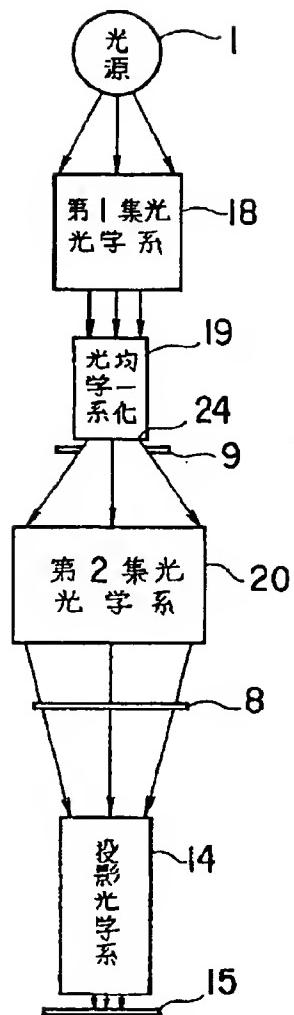
【図27】



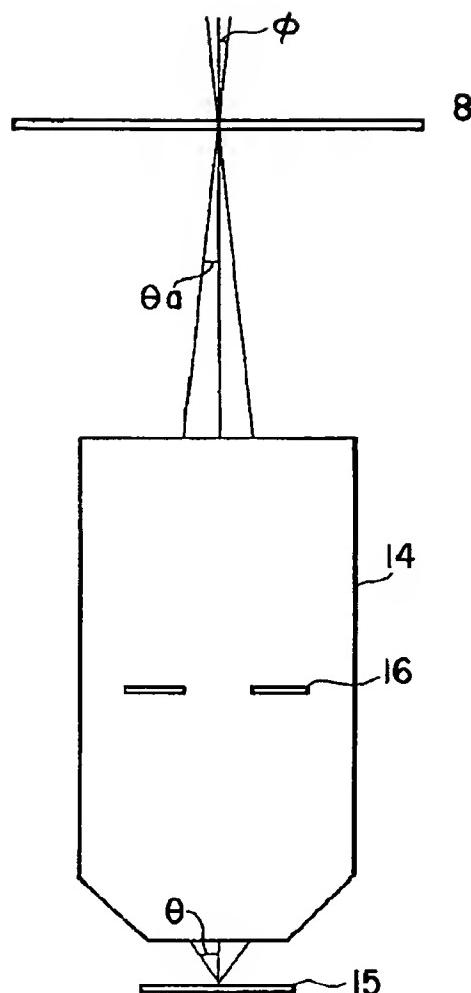
【図28】



[図24]

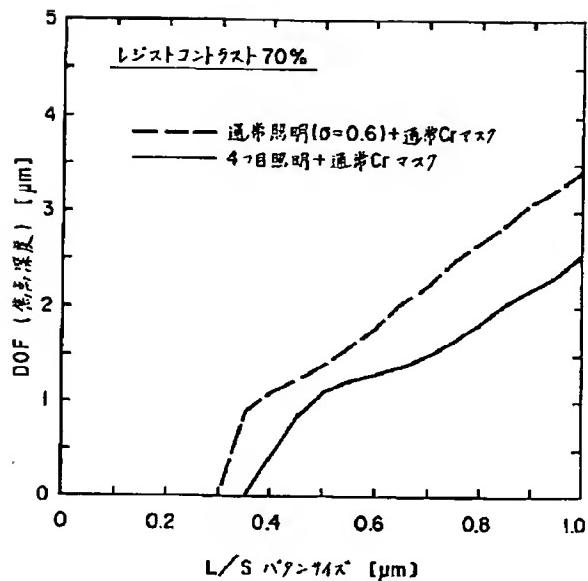


(a)



(b)

【図29】



フロントページの続き

(72)発明者 玉虫 秀一  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 堀岡 啓治  
 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
 式会社東芝総合研究所内

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-324743

(P2002-324743A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 01 L 21/027

G 03 F 1/08

識別記号

F I

テマコード(参考)

G 03 F 1/08

A 2 H 0 9 5

B 5 F 0 4 6

D

7/20

5 2 1

7/20

5 2 1

H 01 L 21/30

5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 17 頁) 最終頁に統く

(21) 出願番号

特願2001-126777(P2001-126777)

(22) 出願日

平成13年4月24日 (2001.4.24)

(71) 出願人

000001007  
キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者

齊藤 謙治

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(72) 発明者

川島 美代子

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

(74) 代理人

100110412

弁理士 藤元 寛輔

Fターム(参考) 2H095 BB02 BB03 BB12 BB36

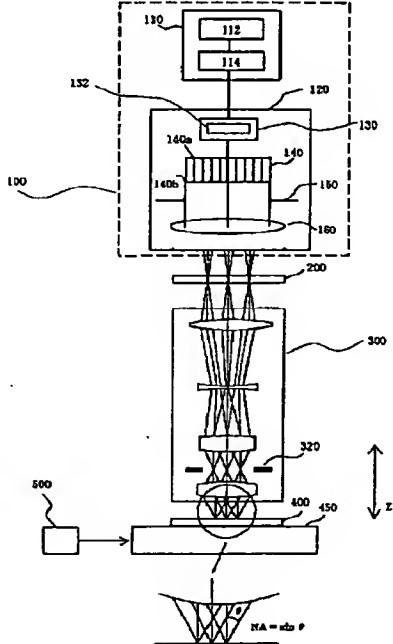
5F046 BA04 BA05 CB17 CB23 DA01

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 微細な(例えば、0.15 μm以下の)線幅を持ち、各種パターンや、L&Sパターンから孤立及び複雑なパターンまでが混在するマスクパターンを、マスクを交換せずに、解像度良く露光可能な露光方法及び装置を提供する。

【解決手段】 所望のパターンと、当該パターンに重ねられた周期性のあるダミーのパターンとを有する位相シフトマスクを、前記所望のパターンのうち前記ダミーのパターンの効果で解像させるべき部分を前記ダミーのパターンの線幅よりも太くすることによって形成し、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を利用して前記位相シフトマスクを照明し、前記位相シフトマスクを経た光を被露光面に投影光学系を介して投影することによって、前記所望のパターンを前記被露光面に転写することを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望のパターンと、当該パターンに重ねられた周期性のあるダミーのパターンとを有する位相シフトマスクを、前記所望のパターンのうち前記ダミーのパターンの効果で解像させるべき部分を前記ダミーのパターンの線幅よりも太くすることによって形成し、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を利用して前記位相シフトマスクを照明し、

前記位相シフトマスクを経た光を被露光面に投影光学系を介して投影することによって、前記所望のパターンを前記被露光面に転写することを特徴とする露光方法。

【請求項2】 マスク上のパターンを投影レンズにより被露光面上に露光する露光方法において、所望のパターン領域及び近傍に微細周期パターンを重ねた位相シフトマスクを用い、照明光として、小 $\sigma$ 照明と大 $\sigma$ 照明に相当する有効光源により多重照明を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項3】 前記所望のパターンは、少なくとも2つの第1の線が所定の間隔で整列する第1のパターン部と、第1の線よりも線幅が大きな第2の線を有する第2のパターン部とを有し、

前記位相シフトマスクを形成するステップは、

前記第1のパターン部の前記第1の線を前記ダミーのパターンの暗線部と重ね、

前記第2のパターン部の前記第2の線を前記ダミーのパターンに重ねることを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項4】 前記所望のパターンは、少なくとも2つの第1の線が所定の間隔で整列する第1のパターン部と、第1の線よりも線幅が大きな第2の線を有する第2のパターン部とを有し、

前記所望のパターンの前記一部は前記第1のパターン部の前記第1の線であり、当該第1の線の線幅を前記ダミーのパターンの暗線部の線幅よりも大きくすることを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項5】 前記位相シフトマスクを形成するステップは、前記所望のパターンには遮光部を設け、前記ダミーのパターンには遮光部を設けないことを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項6】 前記位相シフトマスクを形成するステップは、前記所望のパターンを遮光部とハーフトーン位相シフト形の光透過部として構成することを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項7】 前記光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光は、円形の有効光源形状を有することを特徴とする請求項1記載の露光方法。

【請求項8】 前記小 $\sigma$ 照明は、円形の有効光源形状を有することを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項9】 前記光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光は、 $\sigma$ が0.3以下であることを特徴とする請

## 求項1記載の露光方法。

【請求項10】 前記小 $\sigma$ 照明は、 $\sigma$ が0.3以下であることを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項11】 前記大 $\sigma$ 照明は、四重極の有効光源形状を有することを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項12】 前記大 $\sigma$ 照明は、 $\sigma$ が0.6以上であることを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項13】 前記大 $\sigma$ 照明は、 $\sigma$ が1よりも大きな有効光源形状を有することを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項14】 前記四重極の各照明光は等しい $\sigma$ を有することを特徴とする請求項11記載の露光方法。

【請求項15】 前記大 $\sigma$ 照明は、輪帶の有効光源形状を有することを特徴とする請求項2記載の露光方法。

【請求項16】 請求項1乃至15のうちいずれか一項記載の露光方法を行うことができる露光モードを有することを特徴とする露光装置。

【請求項17】 マスク、該マスク上のパターンを照明する照明系、及び被露光面上に投影する投影光学系からなる露光装置において、該マスクは所望のパターン領域及び近傍に微細周期パターンを重ねた位相シフトマスクからなり、照明系は小 $\sigma$ 照明と大 $\sigma$ 照明に相当する多重有効光源を有し、これら小 $\sigma$ 照明と大 $\sigma$ 照明の組み合わせられた多重照明系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項18】 前記多重有効光源形状が五重極になるように五重極の開口を有する絞りを含むことを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項19】 前記大 $\sigma$ 照明は $\sigma$ が1よりも大きな有効光源形状を有することを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項20】 前記大 $\sigma$ 照明は四重極の有効光源形状を有し、前記四重極の各照明光の $\sigma$ は等しいことを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項21】 前記大 $\sigma$ 照明は輪帶の有効光源形状を形成し、前記小 $\sigma$ 照明は前記輪帶の内側に設けられた円形の有効光源形状を形成することを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項22】 前記照明装置は、前記小 $\sigma$ 照明と前記大 $\sigma$ 照明のそれぞれの露光量を調整する機能及び／又は前記大 $\sigma$ 照明のピークの位置を調整する機能を有する装置を有することを特徴とする請求項17記載の露光装置。

【請求項23】 請求項16乃至22記載のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、前記投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有するデバイス製造方法。

【請求項24】 請求項16乃至22記載のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて投影露光された前記被処理体より製造されるデバイス。

【請求項25】 所望のパターンと、当該パターンに重ねられた周期性のあるダミーのパターンとを有し、前記所望のパターンのうち前記ダミーのパターンの効果で解像されるべき部分が前記ダミーのパターンの線幅よりも太くされていることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項26】 前記所望のパターンは、少なくとも2つの第1の線が所定の間隔で整列する第1のパターン部と、第1の線よりも線幅が大きな第2の線を有する第2のパターン部とを有し、

前記所望のパターンの前記一部は前記第1のパターン部の前記第1の線であり、当該第1の線の線幅は前記ダミーのパターンの暗線部の線幅よりも大きいことを特徴とする請求項25記載のマスク。

【請求項27】 前記所望のパターンには遮光部を設け、前記ダミーのパターンには遮光部を設けないことを特徴とする請求項25記載のマスク。

【請求項28】 前記位相シフトマスクの前記所望のパターンは遮光部と、ハーフトーン位相シフト形の光透過部から構成されることを特徴とする請求項25記載のマスク。

【請求項29】 マスクに所望のパターンを形成し、当該パターンに周期性のあるダミーのパターンを重ね合わせ、

前記所望のパターンの一部を前記ダミーのパターンよりも太くすることによって前記マスクを位相シフトマスクとして製造する前記マスクの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一般には、露光に関し、特に、IC、LSIなどの半導体チップ、液晶パネルなどの表示素子、磁気ヘッドなどの検出素子、CCDなどの撮像素子といった各種デバイス、マイクロメカニクスで用いる広域なパターンの製造に用いられる露光装置及び方法、デバイス製造方法、及び、前記被処理体から製造されるデバイスに関する。ここで、マイクロメカニクスは半導体集積回路製造技術を微細構造体の製作に応用し、ミクロン単位の高度な機能を持った機械システムを作る技術をいう。

##### 【0002】

【従来の技術】 フォトリソグラフィ工程は、マスクパターンをシリコンウェハ、ガラスプレート等（以下、単に「ウェハ」という。）に塗布した感光性物質（レジスト）に露光装置を使用して転写する工程であり、レジスト塗布、露光、現像、エッ칭、レジスト除去の工程を含む。このうち露光では、解像度、重ね合わせ精度、スループットの3つのパラメータが重要である。解像度は正確に転写できる最小寸法、重ね合わせ精度はウェハにパターンを幾つか重ね合わせる際の精度、スループットは単位時間当たり処理される枚数である。

##### 【0003】

3  
を製造する際に、マスク又はレチカル（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する）に描画されたパターンを投影光学系によってウェハに投影してパターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。投影光学系はパターンからの回折光をウェハ上に干渉及び結像させ、通常の露光ではパターンからの0次及び±1次の回折光（即ち、三光束）を干渉させる。

【0004】 マスクパターンは、近接した周期的なラインアンドスペース（L&S）パターン、近接及び周期的なコンタクトホールパターン、近接せずに孤立した孤立パターンを含むが、高解像度でパターンを転写するためには、パターンの種類に応じて最適な露光条件（照明条件や露光量など）を選択する必要がある。

【0005】 投影露光装置の解像度Rは、光源の波長入と投影光学系の開口数（NA）を用いて以下のレーリーの式で与えられる。

##### 【0006】

##### 【数1】

$$R = k_1 (\lambda / NA)$$

20  
【0007】 ここで、 $k_1$ は現像プロセスなどによって定まる定数であり、通常露光の場合には $k_1$ は約0.5～0.7である。

【0008】 近年のデバイスの高集積化に対応して、転写されるパターンの微細化、即ち、高解像度化が益々要求されている。高解像力を得るには、上式から開口数NAを大きくすること、及び、波長入を小さくすることが有効であるが、これらの改善は現段階では限界に達しており、通常露光の場合にウェハに0.15μm以下のパターンを形成することは困難である。そこで、パターンを経た回折光の中で二光束を干渉及び結像させる位相シフトマスク技術が従来から提案されている。位相シフトマスクは、マスクの隣接する光透過部分の位相を180°反転することによって0次回折光を相殺し、2つの±1次回折光を干渉させて結像するものである。かかる技術によれば、上式の $k_1$ を実質的に0.25にするができるので、解像度Rを改善してウェハに0.15μm以下のパターンを形成することができる。

【0009】  
40  
【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来の位相シフトマスク技術は、周期的なL&Sパターンのような単純なパターンには効果的であるが、孤立パターンや任意の複雑なパターンを露光性能（即ち、解像度、重ね合わせ精度及びスループット）良く露光することは困難であった。特に、近年の半導体産業は、より高付加価値な、多種多様なパターンが混在するシステムチップに生産が移行しつつあり、マスクにも複数種類のパターンを混在させる必要が生じてきている。

【0010】 これに対して、公開特許平成11年第143085号公報にあるように、2枚のマスクを用いて異

なる種類のパターンを別々に露光する二重露光（又は多重露光）を使用することが考えられるが、従来の二重露光は、2枚のマスクを必要とするのでコストアップを招き、2回の露光のためにスループットが低下し、2回の露光の高い重ね合わせ精度を必要とするため実用上解決すべき問題が多い。

【0011】そこで、微細な（例えば、0.15 μm以下の）線幅を持ち、各種パターンやL&Sパターンから孤立及び複雑なパターンまでが混在するマスクパターンを、マスクを交換せずに、解像度良く露光可能な露光方法及び装置を提供することを本発明の例示的目的一とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光方法は、所望のパターンと、当該パターンに重ねられた周期性のあるダミーのパターンとを有する位相シフトマスクを、前記所望のパターンのうち前記ダミーパターンの効果で解像させるべき部分を前記ダミーパターンの線幅より太くすることによって形成し、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光により前記位相シフトマスクを照明し、前記位相シフトマスクを経た光を被露光面に投影光学系を介して投影することによって、前記所望のパターンを前記被露光面に転写することを特徴とする。

【0013】また、本発明の別の側面としての露光方法は、マスク上のパターンを投影レンズにより被露光面上に露光する露光方法において、所望のパターン領域及び近傍に微細周期パターンを重ねた位相シフトマスクを用い、照明光として、小○照明と大○照明に相当する有効光源により多重照明を行うことを特徴とする。

【0014】光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光（又は小○照明）は、例えば、有効光源形状が円形で○が0.3以下であり、0次回折光と±1次回折光の干渉をもたらす。前者の露光方法は、このように、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光のみでその効果を發揮する。

【0015】大○照明は、例えば、有効光源形状が輪帯又は四重極で○が0.6以上であり、0次回折光と+1次又は-1次回折光からなる二光束の干渉をもたらす。これらの照明は、（投影光学系の瞳面と共に位置に配置されて）前記有効光源形状を開口として有する絞りにより達成することができる。

【0016】上述の露光方法は、（1）所望のパターンの一部を太らせることによってダミーのパターンと露光量との差を設け、（2）光軸近傍のピークの部分の照明光により前記周期性のあるパターンを露光し、（3）前記ピークの部分の外側の部分の照明光により前記所望のパターンを露光し、（4）被露光面の（レジストの）閾値を適宜に選択することによって所望のパターンを被露光面に形成する。

【0017】前記所望のパターンは、少なくとも2つの第1の線が所定の間隔で整列する第1のパターン部と、第1の線よりも線幅が大きな第2の線を有する第2のパターン部とを有し、前記第1のパターン部の前記第1の線を前記ダミーのパターンの暗線部と重ね、前記第2のパターン部の前記第2の線を前記ダミーのパターンに重ねてもよい。微細な第1の線及びその近傍を周期構造にすることによって解像性能を向上させることができる。前記所望のパターンの前記一部は前記第1のパターン部の前記第1の線であり、当該第1の線の線幅を前記ダミーのパターンの暗線部の線幅よりも大きくしてもよい。所望のパターンの微細部分を少し太らせることによりダミーのパターンとの露光量に差をつけて強調することができる。

【0018】前記所望のパターンには遮光部を設け、前記ダミーのパターンには遮光部を設けなくてもよい。所望のパターンとダミーにパターンの露光量に差をつけることができるるのでコントラストの高いパターンを形成することができる。前記所望のパターンを遮光部とハーフトーン位相シフト形の光透過部として構成してもよい。かかる構成によても所望のパターンをダミーのパターンとの露光量に差をつけて強調することができる。

【0019】本発明の一側面としての露光装置は、上述の露光方法を行う露光モードを有することを特徴とする。また、本発明の別の側面としての露光装置は、マスク、該マスク上のパターンを照明する照明系、及び被露光面上に投影する投影光学系からなる露光装置において、該マスクは所望のパターン領域及び近傍に微細周期パターンを重ねた位相シフトマスクからなり、照明系は小○照明と大○照明に相当する多重有効光源を有し、これら小○照明と大○照明の組み合わされた多重照明系を有することを特徴とする。これらの露光装置も上述の露光方法の作用を奏することができる。

【0020】本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、上述の露光装置を用いて前記被処理体を投影露光するステップと、前記投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有する。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、例えば、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサ、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0021】本発明の別の側面としてのマスク製造方法は、マスクに所望のパターンを形成し、当該パターンに周期性のあるダミーのパターンを重ね合わせ、前記所望のパターンの一部を前記ダミーのパターンよりも太くすることによって前記マスクを位相シフトマスクとして製造することを特徴とする。本方法によって製造されたマスクは上述の作用を奏する。

【0022】本発明の更なる目的又はその他の特徴は、

以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の例示的な露光装置について説明する。ここで、図1は、本発明の露光装置1の概略ブロック図である。図1に示すように、露光装置1は、照明装置100と、マスク200と、投影光学系300と、プレート400と、ステージ450と、結像位置調節装置500とを有する。

【0024】本実施形態の露光装置1は、ステップアンドスキャン方式でマスク200に形成された回路パターンをプレート400に露光する投影露光装置であるが、本発明はステップアンドリピート方式その他の露光方式を適用することができる。ここで、ステップアンドスキャン方式は、マスクに対してウェハを連続的にスキャンしてマスクパターンをウェハに露光すると共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次のショットの露光領域に移動する露光法である。また、ステップアンドリピート方式は、ウェハのショットの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットを露光領域に移動する露光法である。

【0025】照明装置100は転写用の回路パターンが形成されたマスク200を照明し、光源部110と照明光学系120とを有する。

【0026】光源部110は、光源としてのレーザー112と、ビーム整形系114とを含む。

【0027】レーザー112は、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約157nmのF<sub>2</sub>エキシマレーザーなどのパルスレーザーからの光を使用することができる。レーザーの種類はエキシマレーザーに限定されず、例えば、YAGレーザーを使用してもよいし、そのレーザーの個数も限定されない。例えば、独立に動作する2個の固体レーザーを使用すれば固体レーザー相互間のコヒーレンスではなく、コヒーレンスに起因するスペックルはかなり低減する。さらにスペックルを低減するために光学系を直線的又は回転的に揺動させてもよい。また、光源部110に使用可能な光源はレーザー112に限定されるものではなく、一又は複数の水銀ランプやキセノンランプなどのランプも使用可能である。

【0028】ビーム整形系114は、例えば、複数のシリンドリカルレンズを備えるビームエクスパンダ等を使用することができ、レーザー112からの平行光の断面形状の寸法の縦横比率を所望の値に変換する（例えば、断面形状を長方形から正方形にするなど）ことによりビーム形状を所望のものに成形する。ビーム成形系114は、後述するオプティカルインテグレータ140を照明するのに必要な大きさと発散角を持つ光束を形成する。

【0029】また、図1には示されていないが、光源部

110は、コヒーレントなレーザー光束をインコヒーレント化するインコヒーレント化光学系を使用することが好ましい。インコヒーレント化光学系は、例えば、公開特許平成3年第215930号公報の図1に開示されているような、入射光束を光分割面で少なくとも2つの光束（例えば、p偏光とs偏光）に分岐した後で一方の光束を光学部材を介して他方の光束に対してレーザー光のコヒーレンス長以上の光路長差を与えてから分割面に再誘導して他方の光束と重ね合わせて射出されるようにした折り返し系を少なくとも一つ備える光学系を用いることができる。

【0030】照明光学系120は、マスク200を照明する光学系であり、本実施形態では、集光光学系130と、オプティカルインテグレータ140と、開口絞り150と、コンデンサーレンズ160とを含む。照明光学系120は、軸上光、軸外光を問わず使用することができる。なお、本実施形態の照明光学系120は、プレート400上の転写領域の寸法を変更するためのマスキングブレードやスキャンブレードを有してもよい。本実施形態の照明光学系120は、複数のレンズ及び必要なミラーを有し、射出側でテレセントリックとなるアフォーカル系を構成している。

【0031】集光光学系130は、まず、必要な折り曲げミラーやレンズ等を含み、それを通過した光束をオプティカルインテグレータ140に効率よく導入する。例えば、集光光学系130は、ビーム成形系114の出射面と後述するハエの目レンズとして構成されたオプティカルインテグレータ140の入射面とが光学的に物体面と瞳面（又は瞳面と像面）の関係（かかる関係を本出願ではフーリエ変換の関係と呼ぶ場合がある）になるよう配置されたコンデンサーレンズを含み、それを通過した光束の主光線をオプティカルインテグレータ140の中心及び周辺のレンズ素子142に対しても平行に維持する。

【0032】集光光学系130は、マスク200への照明光の露光量を照明毎に変更可能な露光量調整部132を更に含む。露光量調整部132は、アフォーカル系の各倍率を変えることにより入射光束のビーム断面形状を変化させることができる。代替的に、露光量調整部132はズームレンズ等からなり、レンズを光軸方向に移動させ角倍率を変えられるようにしてよい。必要があれば、露光量調整部132は、入射光束をハーフミラーにより分割してセンサにより光量を検出してかかる検出結果に基づいてレーザー112の出力及び／又は光学系の一部を調整することができる。露光量調整部132は、光学素子（例えば、光量調整（ND）フィルター）を入れ替えたり、及び／又は、ズームレンズにより結像倍率を変えたりすることにより、後述する開口絞り150の中央部と周辺との光量比を調整することもできる。後述するように、露光量調節部132は、前記所望のバタ

ーン及び／又は前記プレート400において求められるコントラストに基づいて、露光量を調節することができる。例えば、バターン形状を重視するものであれば光軸にピークを有する照明光の露光量の比を相対的に大きくすればよいし、コントラストを重視するものであれば軸外に強度分布のピークを有する照明光の露光量の比を相対的に大きくすればよい。本実施形態の露光量調整部132は、軸外に強度分布を有する照明光（大θ照明）の前記ピーク位置を調節する機能も有する。

【0033】例えば、露光調整部132は、図2に示すような中央部が周辺部よりも光強度の高い照明光を作成することによって、後述する開口絞り150が図3(F)に示すような円形開口絞り150Fを使用することを可能にする。ここで、図2は中央部が周辺部よりも光強度の高い照明光の光強度分布である。図3(F)は円形開口絞り150Fの概略平面図である。なお、本出願では、「光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を利用した照明光」は図2に示すような照明光を含むものとする。開口絞り150Fは、透過率1の円形光透過部155と透過率0の輪帶状の遮光部152Fから構成される。

【0034】オプティカルインテグレータ140はマスク200に照明される照明光を均一化し、本実施形態では、入射光の角度分布を位置分布に変換して出射するハエの目レンズとして構成される。ハエの目レンズは、その入射面140aと出射面140bとがフーリエ変換の関係に維持されている。但し、後述するように、本発明が使用可能なオプティカルインテグレータ140はハエの目レンズに限定されるものではない。

【0035】ハエの目レンズ140は互いの焦点位置がそれと異なるもう一方の面にあるレンズ（レンズ素子）142を複数個並べたものである。また、ハエの目レンズを構成する各レンズ素子の断面形状は、各レンズ素子のレンズ面が球面である場合、照明装置の照明領域と略相似である方が照明光の利用効率が高い。これは、ハエの目レンズの光入射面と照明領域が物体と像との関係（共役関係）であるからである。

【0036】ハエの目レンズは、本実施形態ではマスク200の形状に合わせて正方形断面のレンズ素子を多数組み合わせて構成されているが、本発明は、断面円形、長方形、六角形その他の断面形状を有するレンズ素子を排除するものではない。ハエの目レンズの出射面140b又はその近傍に形成された複数の点光源（有効光源）からの各光束をコンデンサーレンズ160によりマスク200に重畳している。これにより、多数の点光源（有効光源）によりマスク200全体が均一に照明される。

【0037】本発明で適用可能なオプティカルインテグレータ140はハエの目レンズに限定されず、例えば、図16に示すオプティカルインテグレータ140Aに置換されてもよい。ここで、図16は、オプティカルイン

テグレータ140Aの拡大斜視図である。オプティカルインテグレータ140Aは2組のシリンドリカルレンズアレイ（又はレンチキュラーレンズ）板144及び146を重ねることによって構成される。1枚目と4枚目の組のシリンドリカルレンズアレイ板144a及び144bはそれぞれ焦点距離f1を有し、2枚目と3枚目の組のシリンドリカルレンズアレイ板146a及び146bはf1とは異なる焦点距離f2を有する。同一組のシリンドリカルレンズアレイ板は相手の焦点位置に配置される。2組のシリンドリカルレンズアレイ板144及び146は直角に配置され、直交方向でFナンバー（即ち、レンズの焦点距離／有効口径）の異なる光束を作る。なお、オプティカルインテグレータ140Aの組数が2に限定されないことはいうまでもない。

【0038】ハエの目レンズ140は光学ロッドに置換される場合もある。光学ロッドは、入射面で不均一であった照度分布を出射面で均一にし、ロッド軸と垂直な断面形状が照明領域とほぼ同一な縦横比を有する矩形断面を有する。なお、光学ロッドはロッド軸と垂直な断面形状にパワーがあると出射面での照度が均一にならないので、そのロッド軸に垂直な断面形状は直線のみで形成される多角形である。その他、ハエの目レンズ130は、拡散作用をもった回折素子に置換されてもよい。

【0039】オプティカルインテグレータ140の出射面140bの直後には、形状及び径が固定された開口絞り150が設けられている。本実施形態の開口絞り150は、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光を利用して（即ち、これらを順次投射するか合成した状態で投射することによって）マスク200を照明するための開口形状を有する。このように、本発明は、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光をもたらす開口絞りと、軸外に強度分布のピークを有する照明光をもたらす開口絞りを用意して、そのうちの一方を先にマスク200に投射して、その後、他方をマスク200に投射する場合も含む。本発明の特徴の一つはマスク200の交換に伴う諸問題を解決することであり、マスク200が交換されない限り、開口絞り150の交換は問題ではないからである。開口絞り150は投影光学系300の瞳面320と共に位置に設けられており、開口絞りの150の開口形状は投影光学系300の瞳面320の有効光源形状に相当する。

【0040】光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光はθが0.3以下であり、0次回折光と±1次回折光の干渉をもたらす。また、軸外に強度分布のピークを有する照明光はθが0.6以上であり、0次回折光と+1次又は-1次回折光からなる二光束の干渉をもたらす。ここで、θは投影光学系300のマスク200側の開口数(NA)に対する投影光学系120のマスク200側のNAである。光軸近傍に強度分布のピークを有する照

明は、小 $\sigma$ 照明、通常の照明などと呼ばれる場合もある。軸外に強度分布のピークを有する照明は、大 $\sigma$ 照明、斜入射照明、変形照明などと呼ばれる場合もある。【0041】図3乃至図6を参照して、開口絞り150に適用可能な例示的な形状を説明する。ここで、図3乃至図6は、開口絞り150の例示的な形状の概略平面図である。図3(A)は、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光をもたらすための、比較的半径の小さな円形開口151を有する開口絞り150Aの概略平面図である。開口絞り150Aは、円151から構成される透過率1の光透過部と遮光部152Aとを有する。

【0042】図3(B)は、軸外に強度分布のピークを有する照明光をもたらすための、四重極の円153からなる透過率1の光透過部と遮光部152Bとを有する開口絞り150Bの概略平面図である。円形開口153は、中心位置が $\sigma=1$ 以下の照明光をもたらし、それぞれ、 $\pm 45$ 度と $\pm 135$ 度に配置されている。好ましくは、各円153がもたらす照明光の $\sigma$ は等しい。

【0043】図3(C)は、軸外に強度分布のピークを有する照明光をもたらすための、輪帶開口154からなる透過率1の光透過部と遮光部152Cとを有する開口絞り150Cの概略平面図である。

【0044】図3(D)は、図3(A)に示す円形開口151と図3(B)に示す円形開口153とを有する5重極照明用絞りとして構成された開口絞り150Dの概略平面図である。開口絞り150Dは、従って、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とが合成された照明光をもたらす。開口絞り150Dの円151及び153は同一の大きさを有する。開口絞り150Dは、円151及び153からなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Dとを有する。

【0045】図3(E)は、図3(A)に示す円形開口151と図3(C)に示す輪帶開口153とを有する開口絞り150Eの概略平面図である。従って、開口絞り150Eも、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とが合成された照明光をもたらす。開口絞り150Eは、円151及び154からなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Dとを有する。

【0046】また、開口151及び153の形状は、四角形その他の多角形、扇形の一部など種々の変更が可能である。また、 $\sigma$ が1を超えてよい。かかる変形例を図4及び図5を参照して説明する。ここで、図4(A)及び(B)は図3(D)に示す開口絞り150Dの変形例である開口絞り150G及び150Hの概略平面図である。図4(C)は図3(E)に示す開口絞り150Eの変形例である開口絞り150Iの概略平面図である。

【0047】開口絞り150Gは、円形開口151よりも幾分大きな円形開口151Aと $\sigma$ が1を部分的に超

えた矩形開口153Aからなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Gとを有する。本発明者は $\sigma$ が1を部分的に超えた照明光を利用するとプレート400に形成されるバターン像が明確になることを発見した。開口絞り150Hは、開口絞り150Cは、 $\sigma$ が1以下の円形開口151と扇形開口153Bからなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Hとを有する。扇形開口153Bの寸法は任意に調節することができる。開口絞り150Iは、円形開口151と $\sigma=1$ を部分的に超えた輪帶(又は矩形帶)154Aからなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Iとを有する。開口絞り150G乃至Iの機能は上述の開口絞り150D等と同一であるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【0048】図5に、開口絞り150に適用可能な別の変形例としての九重極照明用絞りとして構成された開口絞り150Jの概略平面図を示す。開口絞り150Jは、円形開口151よりも幾分大きな円形開口151Bと、開口位置の $\sigma$ が1以下の円形開口153Cと、 $\sigma$ が1を部分的に超えて円形開口151Bと同一の大きさを有する円形開口153Dからなる透過率1の光透過部と、透過率0の遮光部152Jとを有する。円形開口153Cは、0度、90度、180度及び270度の位置に、円形開口153Dは、 $\pm 45$ 度及び $\pm 135$ 度の位置に設けられている。開口絞り150Jの機能も上述の開口絞り150D等と同一であるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【0049】複数種類の開口絞り150の中から所望の開口絞り150を選択するためには、開口絞り150A乃至150Jを、例えば、図示しない円盤状ターレットに配置して切り替えの際にターレットを回転させればよい。これにより、照明装置120は、まず、光軸にピークを有する照明光及び軸外に強度分布のピークを有する照明光のうちの一方によりマスク200を照明し、その後、他方によりマスク200を照明することができる。また、光軸にピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とが合成された照明光において、上述の露光量調整部132は、それぞれの露光量比を変化させることができる。

【0050】コンデンサーレンズ160はハエの目レンズ140から出た光ができるだけ多く集めて主光線が平行、すなわちテセントリックになるようにマスク200をケーラー照明する。マスク200とハエの目レンズ140の出射面140bとはフーリエ変換の関係に配置されている。

【0051】露光装置1は、必要があれば、照度ムラ制御用の幅可変スリットや走査中の露光領域制限用のマスキングブレード(絞り又はスリット)等を有する。マスキングブレードが設けられる場合にはマスキングブレードとハエの目レンズ140の出射面140bとはフ

リエ変換の関係に配置され、マスク200面と工学的に略共役な位置に設けられる。マスキングブレードの開口部を透過した光束をマスク200の照明光として使用する。マスキングブレードは開口幅を自動可変できる絞りであり、後述するプレート400の（開口スリットの）転写領域を縦方向で変更可能にする。また、露光装置は、プレート400の（1ショットのスキャン露光領域として）転写領域の横方向を変更可能にする。上述のマスキングブレードと類似した構造のスキャンブレードを更に有してもよい。スキャンブレードも開口幅が自動可変できる絞りであり、マスク200面と光学的にほぼ共役な位置に設けられる。これにより露光装置1は、これら二つの可変ブレードを用いることによって露光を行うショットの寸法に合わせて転写領域の寸法を設定することができる。

【0052】マスク200は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、図示しないマスクステージに支持及び駆動される。マスク200から発せられた回折光は投影光学系300を通りプレート400上に投影される。プレート400は、被処理体でありレジストが塗布されている。マスク200とプレート400とは光学的に共役の関係に配置される。本実施形態の露光装置1はステップアンドスキャン方式の露光装置（即ち、スキャナー）であるため、マスク200とプレート400を走査することによりマスク200のパターンをプレート400上に転写する。なお、ステップアンドリピート方式の露光装置（即ち、「ステッパー」）であれば、マスク200とプレート400とを静止させた状態で露光を行う。

【0053】マスクステージは、マスク200を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ及び投影光学系300は、例えば、床等に載置されたベースフレームにダンパ等を介して支持されるステージ鏡筒定盤上に設けられる。マスクステージは、当業界周知のいかなる構成をも適用できる。図示しない移動機構はリニアモータなどで構成され、XY方向にマスクステージを駆動することでマスク200を移動することができる。露光装置1は、マスク200とプレート400を図示しない制御機構によって同期した状態で走査する。

【0054】本発明の一側面としてのマスク200は、所望のパターンと、当該パターンに重ねられた周期性のあるダミーのパターンとを有し、所望のパターンのうちダミーのパターンの効果で解像させるべき部分は前記ダミーのパターンの線幅よりも太くされた位相シフトマスクとして形成されている。当該マスクは、例えば、所望のパターンを形成し、当該パターンに周期性のあるダミーのパターンを重ね合わせ、前記所望のパターンの一部を前記ダミーのパターンよりも太くすることによって位相シフトマスクとして製造される。後述するように、所望のパターンの一部が太くされるのはダミーのパターン

との露光量に差を設けるためである。

【0055】本発明のマスク200のパターン構成を説明するため、まず、所望のパターンを説明する。ここで、所望のパターンを、例えば、図6に示すようなゲートパターン20とする。ここで、図6は、所望のパターン20の概略平面図である。

【0056】ゲートパターン20は、一对のパターン部21a及び21b（特に断らない限り、参照番号21は両者を総括する。）から構成され、各パターン部21

10 は、B断面を通る微細なゲート部22と、A断面を通る2つのコンタクト部24とから構成される。ゲートパターン20は、例えば、クロムなどによって構成される。【0057】図6に示すように、両ゲート部22は、それぞれ微細な線幅Lを有する長方形であり、微細な間隔Lで平行に整列している。換言すれば、ゲート部22はL&Sパターンを部分的に構成している。本実施形態ではLは0.12μmである。

【0058】コンタクト部24は、それぞれ例示的に線幅3Lを有する長方形であり、二対のコンタクト部24

20 は微細な間隔Lを介して平行に整列している。また、各パターン部21には2つのコンタクト部24がゲート部22の両端に設けられている。本発明は、このように微細な線幅と間隔が（Lに）等しいゲート部22と微細な間隔Lを隔てて（ゲート部22の）最小線幅Lに比べて大きい線幅（即ち、3L）が並んだコンタクト部24を同時に解像することを目的としている。本発明に好適な線幅Lは、式1に示すk<sub>1</sub>と光源の波長λと投影光学系のNAに依存する。例えば、波長248nmのKrFエキシマレーザーとNA=0.6の投影光学系を使用した場合、式1から理論解像Rはk<sub>1</sub>=0.25として103nmとなり、NA=0.85であればR=73nmとなり、これがLとなる。付近までまた、波長193nmのArFエキシマレーザーを使用してNA=0.85であれば、R=57nmとなり、これがLとなる。なお、k<sub>1</sub>は0.25から約0.5（あるいはそれ以上）まで変化することができる。

【0059】まず2つのゲート部22を解像するために、同一ビッチを持つ微細線と微細間隔の周期的なダミーのパターンを2つのゲート部22の両側に複数形成して周期的な構造を有するパターンを形成する。ダミーのパターンを付加して周期的な構造を形成することによって、解像性能の向上と線幅の精度良い制御が可能になる。この周期的なパターンは位相シフトマスクによって極限の解像力を得る。

【0060】所望のパターン20にダミーパターン30を重ねることによって形成されたマスクパターン40を有する位相シフトマスク50の一例を図7に示す。同図に示すように、所望のパターン20は、上述したように、一对のパターン部21から構成される。ダミーパターン30は、互いに平行な光透過部32及び34と遮光

部36とを有し、光透過部と遮光部36とは交互に整列する。光透過部32及び34と遮光部36のそれぞれのY方向の幅は図6に示すL（本実施形態では0.12μm）に等しい。光透過部32と34とは位相が0度及び180度に設定されて互いに180度反転しており、光透過部32及び34はY方向に交互に整列している。光透過部32及び34は透過率1（又は100%）を有し、遮光部36は透過率0を有する。遮光部36は、例えば、クロム等により構成される。

【0061】各パターン部21のゲート部22はダミーパターン30の遮光部36に重ね合わされている。2つのゲート部22の間は所望のパターン20の一部として把握されてもよいが、ここでは位相が180度に設定された光透過部34として把握されている。また、各コンタクト部24は、遮光部24a及び24cと、光透過部32が重ねられた光透過部24bとを有する。即ち、領域24bは、図6と図7を参照すると、ダミーパターン30を重ねられたことによって遮光部から光透過部に変化されていることが理解される。光透過部24bの透過率は1（100%）であり、遮光部22、24a及び24cの透過率は0である。

【0062】次に、（例えば、図3（A）に示す開口絞り150Aがもたらす照明光のような）光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を使用する照明と、（例えば、図3（B）に示す開口絞り150Bがもたらす照明光のような）軸外に強度分布のピークを有する照明光との和として生じる多重照明光（例えば、図3（D）に示す開口絞り150Dがもたらす照明光）を利用して位相シフトマスク50を露光した。このとき、後述するプレート400上に生じる光強度分布の結果を図8に示す。

【0063】図8（A）は、図6に示すA断面を含む断面に関するプレート400上の光強度分布である。図8（B）は、図6に示すA断面を含む断面に関するプレート400上の光強度分布である。プレート400上の強度分布はプレート400のレジストの露光量分布と解釈できる。図8（A）を参照するに、A断面に関して、光透過部24bの光強度が高すぎてコンタクト部24が正しくプレート400に転写されないことが理解される。図8（B）を参照するに、B断面に関して、後述するプレート400のレジストの閾値を色々振っても、ダミーパターン30が残ってしまってゲート部22が正しくプレート400に転写されないことが理解される。

【0064】そこで、所望のパターン20のゲート部22（即ち、微細部分）を少し太らせることにより、ダミーパターン30との露光量に差をつけて所望のパターン20を強調し、所望のパターン20がプレート400に解像されるようにした。このときの位相シフトマスクが本発明の一側面としてのマスク200である。以下、図9を参照して、位相シフトマスク200を説明する。ここで、図9（A）は、位相シフトマスク200の概略平

面図である。図9（B）は位相シフトマスク200の部分拡大図である。図9（C）は図9（B）に示す位相シフトマスク200の変形例である。同図に示すように、位相シフトマスク200は、一部が太くされた所望のパターン210と、ダミーパターン240とから構成されるマスクパターン260を有する。

【0065】所望のパターン210はゲートパターン20に類似するが一部が太くされている点で相違する。所望のパターン210は、一対のパターン部212a及び212b（特に断らない限り、参照番号212は両者を総括する。）から構成され、各パターン部212は、D断面を通る微細なゲート部220と、C断面を通る2つのコンタクト部230とから構成される。

【0066】両ゲート部220は、それぞれ微細な線幅（Lよりも多少大きい線幅L1）を有する長方形であり、微細な間隔（Lよりも多少小さい間隔）で平行に整列している。本実施形態ではLは0.12μmである。

【0067】一方、コンタクト部230は、それぞれ例示的に線幅3Lよりも多少大きな線幅を有する長方形であり、二対のコンタクト部が微細な間隔（Lよりも多少小さい間隔）を介して平行に整列している。各パターン部212には2つのコンタクト部230がゲート部220の両端に設けられている。本発明は、このように微細な線幅と間隔がほぼ等しいゲート部220と微細な間隔（Lよりも多少小さい間隔）を隔てて（ゲート部220の）最小線幅Lに比べて大きい線幅（即ち、3Lよりも多少大きな線幅）が並んだコンタクト部230を同時に解像することを目的としている。

【0068】ダミーパターン240は、2つのゲート部220を解像するために、2つのゲート部220の両側に複数形成され、同一ピッチLを有する微細線と微細間隔の周期的な構造を有する。ダミーパターン240を附加して周期的な構造を形成することによって、解像性能の向上と線幅の精度良い制御が可能になる。この周期的なパターンは位相シフトマスクによって極限の解像力を得る。

【0069】ダミーパターン240は、互いに平行な光透過部242及び244と遮光部246とを有し、光透過部と遮光部246とは交互に整列する。光透過部242及び244と遮光部246のそれぞれのY方向の幅はL（本実施形態では0.12μm）に等しい。光透過部242と244とは位相が0度及び180度に設定されて互いに180度反転しており、光透過部242及び244はY方向に交互に整列している。遮光部246は、例えば、クロム等により構成される。光透過部242及び244の透過率は1（100%）であり、遮光部246の透過率は0である。

【0070】各パターン部212のゲート部220はダミーパターン240の遮光部246に重ね合わされている。2つのゲート部220の間は所望のパターン210

の一部として把握されてもよいが、ここでは位相が180度に設定された光透過部244として把握されている。また、各コンタクト部230は、遮光部232及び236と、光透過部242が重ねられた光透過部234とを有する。即ち、領域234はダミーバターン240が重ねられたことによって遮光部から光透過部に変化している。光透過部234の透過率は1(100%)であり、遮光部220、232及び236の透過率は0である。

【0071】図9(A)に示すように、ゲート部220と、コンタクト部230の遮光部232及び236の線幅は、本来、それそれぞれLであったものがL1(>L)に大きくされている。また、図9(B)を参照するに、遮光部232及び236のそれぞれが、遮光部246の中心線U1及びU2に関して、等しくL2だけ外側に太くされている。この結果、L1はL+2×L2であることが理解される。また、領域234の線幅はL-2×L2であることが理解される。本実施形態と異なり、遮光部232及び236は、それぞれ中心線U1及びU2に関して左右異なる幅で太くされてもよいし、例えば、図9(C)に示すように左右の一方で太くされてもよい。また、遮光部232が太くされる線幅と遮光部236が太くされる線幅は異なってもよい。遮光部232及び236をこのように太くする理由は所望のバターン210をダミーバターン240から露光量に関して差を設けるためである。線幅Lに対して太くされるべき線幅L1の比は、例えば、数%程度(例えば、約17%)である。

【0072】本実施形態では、ゲート部220の線幅は遮光部232と同様であるので(即ち、本実施例ではL+2×L2)、ここでは説明は省略する。選択的に、ゲート部220の線幅を遮光部232と異なるものにしてよいし、中央線U1に関してゲート部220は左右非対称に太くされてもよい。

【0073】次に、(例えば、図3(A)に示す照明光の開口絞り150Aがもたらす照明光のような)光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を使用する照明と、(例えば、図3(B)に示す開口絞り150Bがもたらす照明光のような)軸外に強度分布のピークを有する照明光との和として生じる多重照明光(例えば、図3(D)に示す開口絞り150Dがもたらす照明光)を利用して位相シフトマスク200を露光した。このとき、後述するプレート400上に生じる光強度分布の結果を図10に示す。

【0074】図10(A)は、図9(A)に示すC断面を含む断面に関するプレート400上の光強度分布である。図10(B)は、図9(A)に示すD断面を含む断面に関するプレート400上の光強度分布である。プレート400上の強度分布はプレート400のレジストの露光量分布と解釈できる。図10(A)を図8(A)と比較すると、C断面に関して、光透過部234の光強度

が光透過部246よりも減少していることが理解される。これは光透過部234の線幅がLよりも小さくなかった(L-2×L2)ためである。このため、レジストの閾値を適当に振ると、コンタクト部230がプレート400に転写できることが理解される。図10(B)を図8(B)と比較すると、D断面に関して、ゲート部220の間の光透過部244の光強度がゲート部220の間の光透過部234よりも減少していることが理解される。これはゲート部220の間の光透過部244の線幅がしょりも小さくなかった(L-2×L2)ためである。このため、レジストの閾値を適当に振ると、ゲート部220がプレート400に転写できることが理解される。以上から、レジストの閾値を適当に振ると所望のバターン210が正しくプレート400に転写できることが理解される。

【0075】次に、図12を参照して、マスク200の変形例としてのマスク200Aを説明する。ここで、図12は、マスク200Aの概略平面図である。マスク200Aは、同図に示すように、所望のバターン210と、ダミーバターン240Aとから構成されるマスクバターン260Aを有する。所望のバターン210は、図9と同様であるため、説明は省略する。

【0076】ダミーバターン240Aは光透過部242A及び244Aから構成され、両者は位相が0度と180度に設定されて180度反転している。光透過部242A及び244Aは、Y方向にそれぞれ幅2Lを有し、Y方向に交互に平行に整列している。このように、本実施形態のダミーバターン240Aは、図9に示すダミーバターン240とは異なり、遮光部を有しない。従って、クロムなどから構成される遮光部を有するのは所望のバターン210のみとなる。このようなクロムレス構成により、所望のバターン210とダミーバターン240Aとの露光量に差をつけることが可能である。

【0077】即ち、光透過部234の幅が光透過部242A及び244Aの幅よりも小さいので、図8(A)の中央部の露光量は図10(A)の中央部に示す露光量と同じように減少することが理解されるであろう。同様に、二対の遮光部232によって挟まれた光透過部244A(及び一対のゲート部220によって挟まれた光透過部244A)の幅が光透過部242A及び244Aの幅よりも小さいので、図8(B)の中央部の露光量は図10(B)の中央部に示す露光量と同じように減少することが理解されるであろう。この結果、所望のバターン210をコントラスト良くプレート400に転写することができる。

【0078】なお、所望のバターン210において位相が反転する境界部の線幅を適宜設定し、所望のバターン210とダミーバターン240との露光量を最適に制御しても同様の効果が得られることが理解されるであろう。

【0079】次に、図14を参照して、マスク200の変形例としてのマスク200Bを説明する。ここで、図14は、マスク200Bの概略平面図である。マスク200Bは、同図に示すように、所望のバターン210Aと、ダミーバターン240Aとから構成されるマスクバターン260Bを有する。ダミーバターン240Aは、図12と同様であるため、説明は省略する。

【0080】図14に示すように、所望のバターン210は、一対のバターン部214a及び214b（特に断らない限り、参考番号「214」はこれらを総括するものとする。）からなり、各バターン部214は、ゲート部220と一対のコンタクト部230Aから構成される。各コンタクト部230Aは、光透過部234Aと遮光部232及び236とを有する。ゲート部220及び遮光部232及び236は図9を参照して上述したものと同様であるのでここでは説明は省略する。

【0081】光透過部234Aは透過率が1（100%）ではなく0.7（70%）に設定されている。これにより、所望のバターン210Aとダミーバターン240Aとの露光量に差をつけることが可能である。即ち、光透過部234Aの幅が光透過部242A及び244Aの幅よりも小さく透過率も低いので、図8（A）の中央部の露光量は図10（A）の中央部に示す露光量と同じように減少することが理解されるであろう。

【0082】なお、光透過部234Aを使用すれば、ダミーバターン240Aはダミーバターン240であってもよいことが理解されるであろう。また、二対の遮光部232によって挟まれた光透過部244A（及び一対のゲート部220によって挟まれた光透過部244A）の透過率を同様に0.7（70%）に設定してよいことはもちろんである。

【0083】このように、所望のバターンの一部（バターン部212の間を含む）の光透過率を制御することにより、所望のバターン210をコントラスト良くプレート400に転写することができる。

【0084】投影光学系300は、マスク200に形成されたマスクバターン260を経た回折光をプレート400上に結像するための開口絞り320を有する。投影光学系300は、複数のレンズ素子のみからなる光学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の四面鏡とを有する光学系（カタディオプトリック光学系）、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系、全ミラー型の光学系等を使用することができます。色収差の補正が必要な場合には、互いに分散値（アッベ値）の異なるガラス材からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。上述したように、投影光学系300の瞳面320に形成される有効光源の形状は図3乃至図5に示す形状と同様である。

【0085】プレート400は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。プレート400にはフォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、ブリベーキ処理とを含む。前処理は洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。ブリベーキはペーリング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【0086】プレート400はウェハステージ450に支持される。ステージ450は、当業界で周知のいかなる構成をも適用することができるので、ここでは詳しい構造及び動作の説明は省略する。例えば、ステージ450はリニアモータを利用してXY方向にプレート400を移動する。マスク200とプレート400は、例えば、同期して走査され、図示しないマスクステージとウェハステージ450の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ステージ450は、例えば、ダンパを介して床等の上に支持されるステージ定盤上に設けられ、マスクステージ及び投影光学系300は、例えば、鏡筒定盤は床等に載置されたベースフレーム上にダンパ等を介して支持される図示しない鏡筒定盤上に設けられる。

【0087】結像位置調節装置500は、ステージ450に接続されてステージ450と共にプレート400を焦点深度の範囲内で図1に示すZ方向に移動させ、プレート400の結像位置を調節する。露光装置1は、必要があれば、Z方向において異なる位置に配置されたプレート400に対して露光を複数回行うことにより、焦点深度内における結像性能のばらつきをなくすことができる。結像位置調節装置500は、Z方向に伸びる図示しないラックと、ステージ450に接続されてラック上を移動可能な図示しないビニオンと、ビニオンを回転させる手段など、当業界で周知のいかなる技術をも適用することができるので、ここでは詳しい説明は省略する。

【0088】露光において、レーザー112から発せられた光束は、ビーム成形系114によりそのビーム形状が所望のものに成形された後で、照明光学系120に入射する。集光光学系130は、それを通過した光束をオプティカルインテグレータ140に効率よく導入する。その際、露光量調節部132が照明光の露光量を調節する。オプティカルインテグレータ140は照明光を均一化し、開口絞り150は、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とが合成された照明光を形成する。かかる照明光はコンデンサーレンズ160を介して位相シフトマスク200を最適な照明条件で照明する。

【0089】マスク200には、一部の線幅が太くされた所望のパターン210と、パターン210に重ねられたダミーパターン240とから構成されたマスクパターン260が形成されている。ゲート部220は、ダミーパターン240の遮光部（暗線部）236に重ねられてL&Sパターンをダミーパターン240と共に形成し、位相シフトマスクにより解像性能が高められている。また、ゲート部220は、ダミーパターン240よりも太くされてその間の光透過部はダミーパターン240よりも露光量が減少している。コンタクト部230は、ダミーパターン240に重ねられて一部（即ち、領域234）が光透過部に変化され、一部（即ち、遮光部232及び236）がダミーパターン240の線幅よりも太くされ、その結果、光透過部234がダミーパターン240よりも露光量が減少している。

【0090】マスク200を通過した光束は投影光学系300の結像作用によって、プレート400上に所定倍率で縮小投影される。ステップアンドスキャン方式の露光装置1であれば、光源部110と投影光学系300は固定して、マスク200とプレート400の同期走査してショット全体を露光する。更に、プレート400のステージ450をステップして、次のショットに移り、プレート400上に多数のショットを露光転写する。なお、露光装置1がステップアンドリピート方式であれば、マスク200とプレート400を静止させた状態で露光を行う。

【0091】光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光は位相シフトマスク200を照明して微細な周期パターンの強度分布をプレート400上に形成する。軸外に強度分布のピークを有する照明光はマスク200を照明して粗く露光する。位相シフトマスク200のゲート部220の間の光透過部244と234はパターン幅が狭いために露光量が減少し、所望のパターン210をダミーパターン240から分離するのに寄与する。この結果、プレート400のレジストの閾値を適当に選択することによって所望のコンタクトホール210のパターンをプレート400上に形成することができる。これにより、露光装置1はレジストへのパターン転写を高精度に行って高品位なデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0092】次に、図17及び図18を参照して、上述の露光装置1を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図17は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）ではデバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）ではシリコンなどの材料を用い

てウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いて本発明のリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0093】図18は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置1によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッ칭）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となつたレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

#### 【0094】

【実施例1】実施例1では図9に示す位相シフトマスク200と、レーザー112にKrfエキシマレーザー（波長248nm）と、図4（A）に示す開口絞り150Gと、NA0.60の投影光学系300とを露光装置1に使用した。位相シフトマスク200において、図9（B）に示すものはウェハ（プレート400）面上換算で120nmでL1は140nm（即ち、L2=10nm）とした。ダミーパターン240は120nmのL&Sパターンとした。

【0095】かかる露光装置1を、（図3（A）に示す開口絞り150Aが与える照明光のよう）光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光、（図3（B）に示す開口絞り150Bが与える照明光のよう）軸外に強度分布のピークを有する四重極照明光（各円形開口の中心位置のφをx、y方向それぞれ0、6の位置に、各円形開口の大きさのφを0、3とする。）、及び、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光が合成された、（図3（D）に示す開口絞り150Dが与える照明光のよう）五重極照明光（中心部のφは0、3、他は四重極照明光と同じ）でそれぞれ露光した。また、露光量調整部132によって五重極照明光の光軸近傍に強度分布のピークを有する

照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光との強度比は0.9対1に設定した。

【0096】これらの露光の結果を図11に示す。図11(A)を参照するに、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光を使用した場合には微小周期構造のみが露光されている。図11(B)を参照するに、四重極照明光を使用した場合には、大きなパターン部のみが露光されて微細周期パターンは解像されていない。図11(C)を参照するに、これらを多重した五重極照明光を使用した場合には所望のゲートパターン21'0全体が解像されている。図11(A)乃至(C)は、解像位置調節装置500によって横方向に焦点深度内の焦点からの距離を-0.4μm~+0.4μmまで振った場合の露光パターン特性である。これらは、図10を参照して説明したものと同様の結果となった。

【0097】五重極照明光を使用した場合、図11(C)に示すように、微細なパターンの解像性が非常によい0.12μmパターンが形成された。式1における線幅R<sub>1</sub>を(λ/NA)で割ってk<sub>1</sub>で規格化すると、k<sub>1</sub>=0.29のパターンが解像されたことになる。

【0098】

【実施例2】実施例2では図12に示す位相シフトマスク200Aを使用し、開口絞り150には、開口絞り150Dを使用する等して、光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とを両方使用した。その他の露光条件は実施例1と同様にした。このときの結果を図13に示す。図11(C)と同様の結果が得られていることが理解されるであろう。

【0099】

【実施例3】実施例3では図14に示す位相シフトマスク200Bを使用した。その他の露光条件は実施例2と同様にした。このときの結果を図15に示す。図11(C)と同様の結果が得られていることが理解されるであろう。

【0100】本発明によれば、最小線幅が0.15μm以下の微細な複雑なパターンが、マスク200を交換せずにプレート400面上に焦点深度内の異なる位置で結像特性良く転写することができた。本実施例では、KrFエキシマレーザー、NA=0.6の露光装置1で最小線幅と最小間隔がともに0.12μmのパターンが解像された。なお、解像線幅をk<sub>1</sub>で規格化するとk<sub>1</sub>=0.29、ピッチ0.29×2=0.58である。従って、微細な線幅とそれより大きな線幅からなる複雑なパターンの解像がマスクを交換することなく露光することが可能になり、ウェハ面上に所定のパターンの形成が可能になった。

【0101】以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれらに限定されず、その趣旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【0102】

【発明の効果】本発明のマスク、露光方法及び装置によれば、微細な(例えば、0.15μm以下の)線幅を持ち、L&Sパターンから孤立及び複雑なパターンまでが混在するマスクパターンを、マスクを交換せずに、高解像度に露光することができる。また、かかる露光方法及び装置を使用したデバイス製造方法は高品位なデバイスを製造することができる。

【図面の簡単な説明】

- 10 【図1】 本発明の露光装置の概略ブロック図である。
- 【図2】 図1に示す露光装置の露光量調整部が調整可能な照明光の一例を示す光強度分布である。
- 【図3】 図1に示す露光装置の開口絞りの例示的形状の概略平面図である。
- 【図4】 図1に示す開口絞りの別の例示的形状の概略平面図である。
- 【図5】 図1に示す開口絞りの更に別の例示的形状の概略平面図である。
- 【図6】 所望のパターンの概略平面図である。
- 20 【図7】 図6に示すパターンにダミーのパターンを重ねることによって形成された位相シフトマスクの一例である。
- 【図8】 光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とを利用して図7に示す位相シフトマスクを照明した場合の図1に示すプレートに生じる光強度分布である。
- 【図9】 本発明の位相シフトマスクの概略平面図である。
- 30 【図10】 光軸近傍に強度分布のピークを有する照明光と軸外に強度分布のピークを有する照明光とを利用して図9に示すマスクを照明した場合に図1に示す露光装置のプレートに現れる光強度分布である。
- 【図11】 実施例1の露光結果として、図9に示す位相シフトマスクを異なる照明条件で照明した場合のプレートに転写されたパターンである。
- 40 【図12】 図9に示す位相シフトマスクの変形例の概略平面図である。
- 【図13】 実施例2の露光結果として、図12に示す位相シフトマスクを異なる照明条件で照明した場合のプレートに転写されたパターンである。
- 【図14】 図9に示す位相シフトマスクの別の変形例の概略平面図である。
- 50 【図15】 実施例3の露光結果として、図14に示す位相シフトマスクを異なる照明条件で照明した場合のプレートに転写されたパターンである。
- 【図16】 図1に示す露光装置のオプティカルインテグレータの変形例の拡大斜視図である。
- 【図17】 本発明の露光装置を有するデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。
- 【図18】 図17に示すステップ4の詳細なフローチ

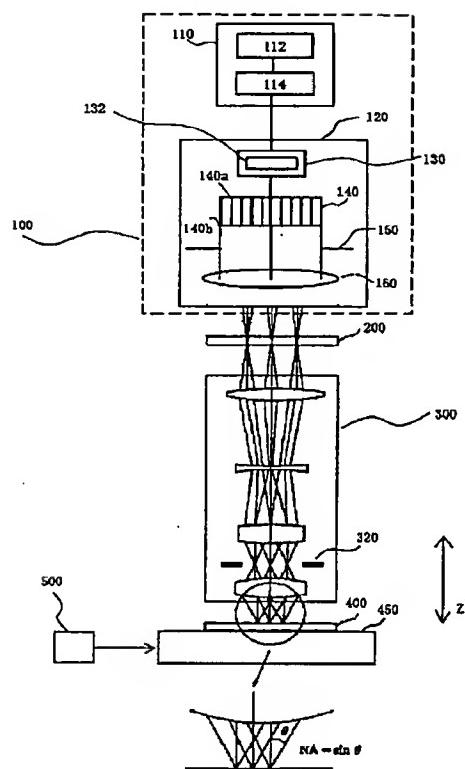
ヤートである。

【符号の説明】

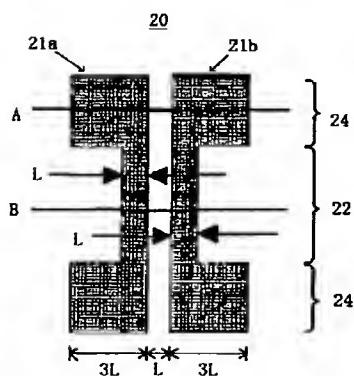
1	露光装置
100	照明装置
120	照明光学系
132	露光量調整部
150	開口絞り

* 200	マスク
210	所望のパターン
240	ダミーのパターン
260	マスクパターン
300	投影光学系
320	瞳
*	400
	プレート

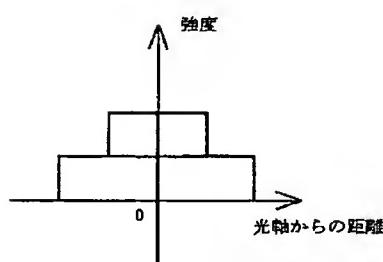
【図1】



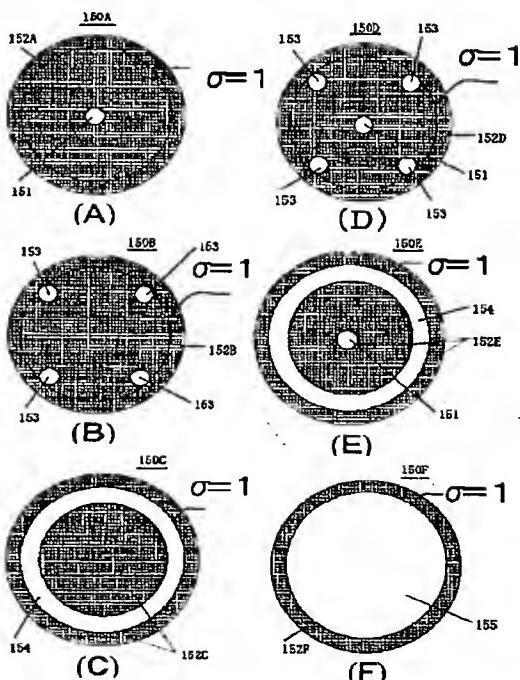
【図6】



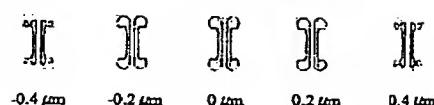
【図2】



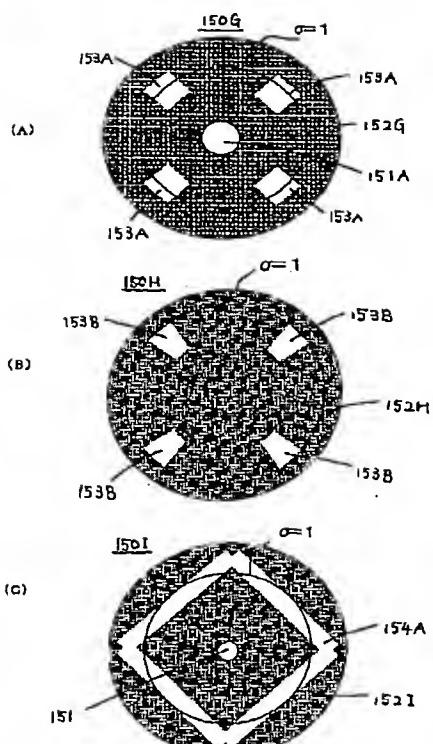
【図3】



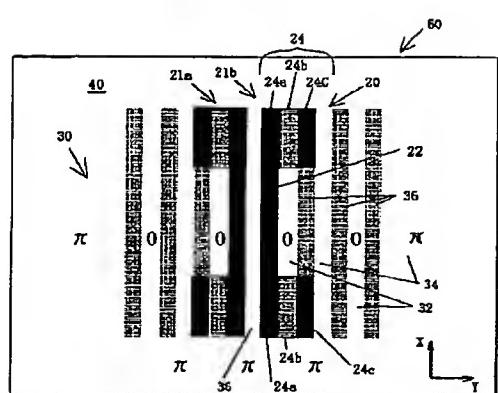
【図13】



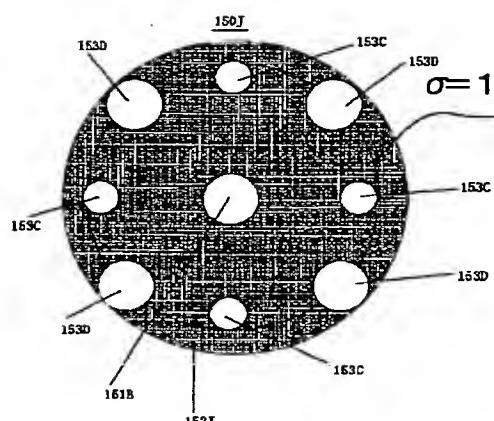
【図4】



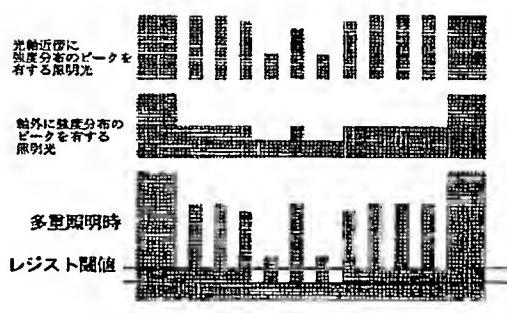
【図7】



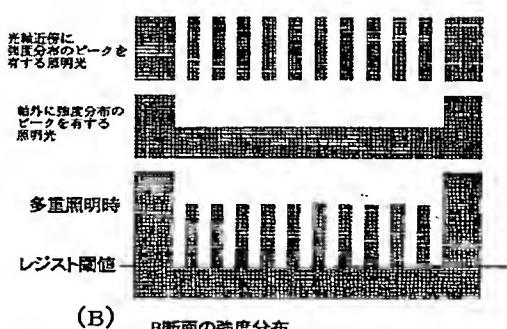
【図5】



【図8】

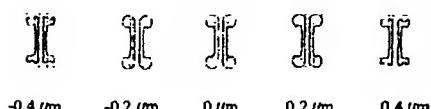


(A) A断面の強度分布

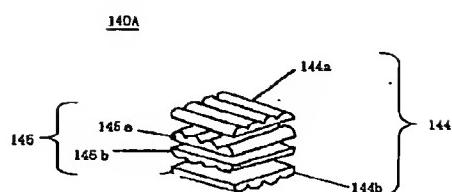


(B) B断面の強度分布

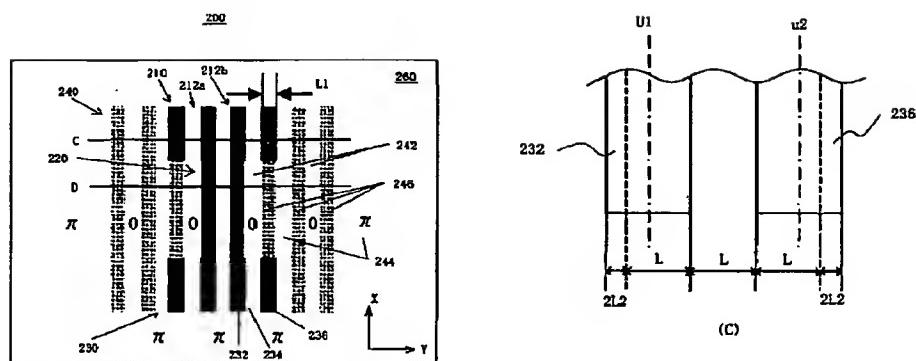
【図15】



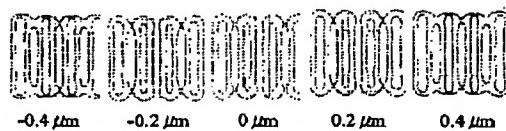
【図16】



[図9]



[図11]



(A)



(B)

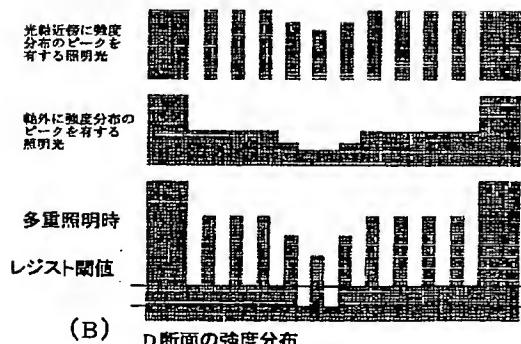


(C)

[図10]

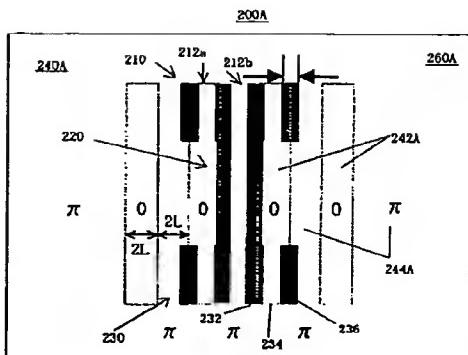


(A) C断面の強度分布

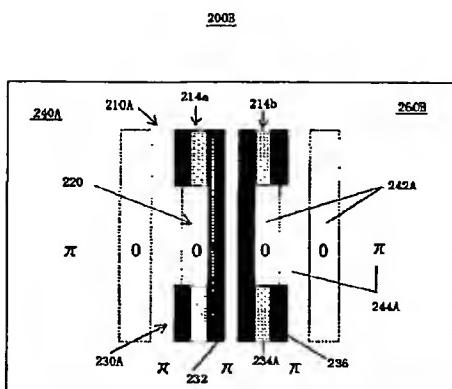


(B) D断面の強度分布

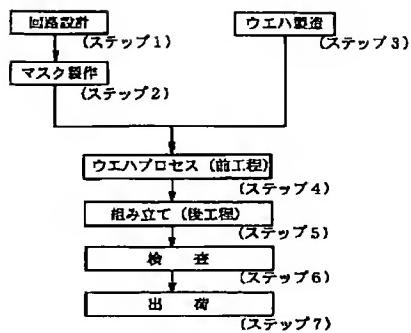
[図12]



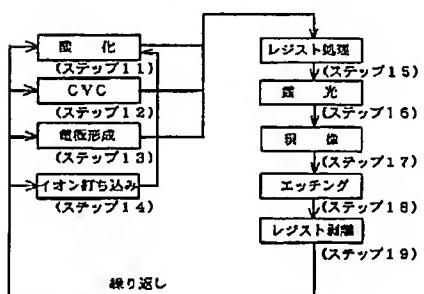
〔図14〕



〔図17〕



〔図18〕



## フロントページの続き

(51) Int.C1.<sup>7</sup>

識別記号

F I  
H O I L 21/30

### テーマコード（参考）